

الجغرافيا العملية

وقراءة الخرائط

دكتور محمد مصطفى
أستاذ الجغرافيا السكانية العامة

دار النهضة العربية
٢٢ من عبد الحليم محمد
القاهرة



Alexandria

الجغرافيا العملية وقراءة الخرائط

دكتور محمد محمد سليحة
قسم الجغرافيا - جامعة القاهرة

الطبعة الثانية

دار النهضة العربية
٣٢ من عبد القادر عويضة
القاهرة

بسم الله الرحمن الرحيم

تقديم

الجغرافيا علم دينامي يتطور بالمشاهدة الدقيقة والتفكير المنطقي الواع. والجغرافيا بذلك موضوع مزدوج له جانبان : الجانب العلمي والجانب العملي . ولقد درج الجغرافيون منذ زمن قديم على الاهتمام بدراسة ظواهر سطح الأرض ، وبحثوا كيف تختلف وتتباين من مكان إلى آخر ، وكيف تجتمع هذه الظواهر مع بعضها البعض لكي تعطي مناطق الأرض المختلفة شخصياتها المتميزة .

ويتضمن مثل هذا النوع من الدراسات ، استخدام أساليب وطرق فنية معينة ، تختص بجمع المادة ثم عرضها في منهج جغرافي سليم . ولكي يجمع الجغرافي مادته العلمية ، ينبغي عليه أن يعرف كيف يشاهد ويرصد ويسجل ، وكيف يرسم الخرائط والرسوم البيانية لما يدرسه ، وكيف يستخرج أيضاً البيانات ذات القيمة الجغرافية من الخرائط المطبوعة والصور والإحصاءات المتاحة له . والواقع أنه ليس هناك دراسة جغرافية ناجحة إذا لم تكن مدعومة بالخرائط والصور والرسوم المصممة لخدمة مثل هذه الدراسة .

هذه الأساليب والطرق المتنوعة ، تؤلف الجانب العملي من الجغرافيا ،

وهي لذلك موضوع جدير بالدراسة ، بل موضوع لازم من البداية للطلاب الذي يعد نفسه لأن يكون جغرافياً

وموضوع الجغرافيا العملية متعدد الجوانب ؛ فهناك أساليب الجغرافيا العملية التي تستخدم في الحقل والدراسة الميدانية ؛ وهناك الأساليب والطرق الفنية التي تستخدم في حجرة الرسم ؛ ثم هناك الأساليب والتمرينات العملية التي تستخدم في حجرة الدراسة . ومن هنا نرى أن الجغرافيا العملية موضوع متشعب ، وأكبر من أن يحتويه كتاب صغير في مثل حجم هذا الكتاب .

على أنني قصدت بهذا الكتاب الصغير الحجم أن يكون مقدمة في موضوع الجغرافيا العملية ، لكي يستفيد منها طالب الجغرافيا المبتدئ : فيعرف كيف تطورت الخريطة (أداة الجغرافي الأولى) على مر العصور ، حتى وصلت إلى ما هي عليه اليوم من رسم دقيق وعرض فني وتصوير رائع . وكان هذا موضوع الدراسة في الفصلين الأول والثاني في هذا الكتاب . ثم ينتقل القارئ بعد ذلك إلى الفصل الثالث ليتعرف على أدوات ومواد الرسم ، حتى يتقني منها ما يناسبه عندما يشرع في رسم خرائطه التي تعينه في دراسته وأبحاثه .

وفي الفصل الرابع ، يلم القارئ بالعناصر الأساسية التي ينبغي أن تشملها كل خريطة ناجحة ؛ مثل عنوان ومفتاح الخريطة ومقياس رسمها وتوجيهها . ولما كان لمقياس رسم الخريطة من أهمية خطيرة في إدراك كثير من الحقائق الجغرافية واستخلاص عديد من البيانات والمعلومات ، فقد تصدئ الفصل الخامس لموضوع مقياس الرسم في الخرائط المختلفة ، ثم لطرق تحويل هذه المقاييس في أشكالها المتنوعة .

وفي الفصل السادس ، يرى القارئ دراسة تطبيقية لطرق الإستفادة من مقاييس الرسم ؛ إذ يتعرف على طرق قياس المسافات والمساحات على الخرائط ، وعلى الطرق التخطيطية والآلية المستخدمة في تصغير الخرائط أو تكبيرها — بل وحتى طرق التوفيق لرسم خريطة من خرائط مختلفة المقاييس .

أما الفصل السابع ، فيعرض طرق تمثيل مظاهر سطح الأرض على الخرائط — أي خرائط التضاريس — بإعتبار أن التضاريس هي أبرز مظاهر سطح الأرض التي تؤثر في حياة النبات والحيوان والإنسان ، وفي توزيع سكن الإنسان ومظاهر نشاطه المختلفة . كما يتعلم القارئ في هذا الفصل أيضاً مبادئ قراءة وتفسير الخريطة الكنتورية ، وكيف يستخلص منها العديد من البيانات التي تفيده في دراساته الجغرافية المختلفة .

أما الفصل الثامن والأخير ، فيختص بدراسة مساقط الخرائط — أي بطرق ومحاولات نقل مظاهر سطح الأرض من السطح الكروي (بأبعاده الثلاثة) إلى السطح المستوي ذي البعدين فقط — وهو سطح ورقة الخريطة . وهذا موضوع عظيم الأهمية في الدراسات الكرتوجرافية (أي الخاصة برسم الخرائط) . وقد حاولت أن أعرض هذا الموضوع بصورة مبسطة حتى يدرك الطالب الهدف من وراء دراسة المساقط ، وما يتميز به كل مسقط من خواص معينة قد تفيده عندما يختار المسقط المناسب لخريطته الخاصة . ولم أحاول أن أدخل القارئ في متاهات الحسابات والرياضيات التي استخدمها العلماء حينما صمموا مثل هذه المساقط — فهذا موضوع لا يهم طالب الجغرافيا المبتدىء .

وقد حرصت على تزويد الكتاب بالخرائط والصور والرسوم البيانية (٧٠ شكلاً) حتى يستطيع القارئ أن يتابع عليها ما يقرأه في متن الفصول . كما أنهيت كل فصل ببعض المراجع المفيدة في متابعة الدراسة لمن يرغب في الإستزادة . ولا أزعم أنني قد وفيت كل شيء حقه في موضوعات هذا الكتاب ، فالكمال لله وحده عز وجل . ولكنني حاولت أن أقدم للقارئ موضوعات مترابطة في بعض جوانب الجغرافيا العملية في أسلوب مبسط . وتحمل من تجربتي الشخصية ما رأيته مفيداً ونافعاً للمهتمين بهذا اللون من الدراسة في كل مكان من وطننا العربي الكبير .

وأرجو أن أكون قد وفقت ، والله ولي التوفيق .

دكتور محمد محمد سطحية

القاهرة بحوث ١٩٧٧

محتويات الكتاب

صفحة

فهرس الأشكال ١٢

الفصل الأول : الخرائط : مفهومها وتطورها التاريخي ١٧

مفهوم الخريطة ١٨ . قصة الخرائط عبر العصور ٢١ (البدايات
القديمة ٢١ – إضافات الإغريق ٢٥ – الخرائط الرومانية ٢٩ –
الخرائط في العصور الوسطى ٣٠ – تطور الخرائط في عصر النهضة
٣٦ – عصر الإصلاح والتجديد ٤٠) .

الفصل الثاني : الكرتوجرافيا في القرن العشرين ٤٧

عوامل تقدم كرتوجرافيا القرن العشرين ٤٨ (تطور طرق طبع
ونشر الخرائط ٤٩ – المساحة الفوتوجرامترية ٥٦ – تطور أجهزة
المساحة الأرضية ٥٩) . أقسام الكرتوجرافيا المعاصرة ٦٥ . مراجع
الفصلين الأول والثاني ٦٨ .

صفحة

الفصل الثالث : أدوات وأجهزة الرسم ٦٩

مهمات الرسم ٧١ (أجهزة الرسم ٧٢ - وسائل وأدوات الرسم ٧٧
- الأقلام والريش ٨٣ - أوراق الرسم ٨٦ - أحبار الرسم ٩٠ -
تظليل المساحات على الخرائط ٩١) . مراجع الفصل الثالث ٩٥ .

الفصل الرابع : أساسيات الخريطة ٩٧

عنوان الخريطة ٩٧ . دليل الخريطة ٩٩ . الموقع ١٠١ . (حاجة الإنسان إلى
نظام الإحداثيات - شبكة خطوط العرض والطول ١٠٢ - طول أو
مسافة درجة العرض ودرجة الطول ١٠٧ - الدائرة العظمى ١٠٨ -
شبكة الإحداثيات القومية) . الاتجاه ١١١ . مراجع الفصل الرابع ١١٣ .

الفصل الخامس : مقاييس رسم الخرائط ١١٥

مفهوم مقياس الرسم ١١٥ . اختلاف تطبيق المقياس على جميع
أجزاء الخريطة ١١٦ . أنواع مقاييس الرسم ١١٨ (المقياس
الكتابي أو المباشر ١١٩ - مقياس الكسر البياضي ١٢٠ - المقياس
الخطي ١٢٢) . تحويل مقياس الرسم ١٢٤ . المقياس الشبكي ١٣١ .
المقياس المقارن ١٣٦ . معرفة مقياس رسم خريطة ليس عليها مقياس
١٣٨ . تصنيف الخرائط حسب مقياس الرسم ١٤١ . جدول المقاييس
العديدة المهمة وما يساويها في المقاييس الخطية ١٤٤ ، تمارين ١٤٥
مراجع الفصل الخامس ١٤٧

الفصل السادس : التطبيقات العملية لمقاييس الرسم ١٤٩

طرق قياس المسافات والمساحات ١٤٩ (قياس المسافات أو الأبعاد

صفحة

على الخريطة ١٤٩ - قياس المساحات على الخريطة ١٥٧ . طرق
تصغير وتكبير الخرائط ١٦٧ . مراجع الفصل السادس ١٧٥ .

الفصل السابع : خرائط التضاريس ١٧٧

طريقة المأثور ١٧٨ طريقة الظلال ١٨٠ - طريقة خطوط الكتور
- طريقة الكتور ١٨١ - (مفهوم خط الكتور - رسم خطوط
الكتور على الخرائط - إدراج أو حشو خطوط الكتور - الفصل
الرأسي بين خطوط الكتور) . الإنحدارات ومعدل الإنحدار ١٩٠
(أهمية الإنحدار - أنواع الإنحدارات - طرق التعبير عن الإنحدار
جدول الإنحدارات القياسية) . رسم القطاعات التضاريسية ١٩٨
- إمكانية الرؤية بين نقطتين ٢٠٠ - التمثيل الكتوري للظاهرات
التضاريسية ٢٠١ - خصائص خطوط الكتور ٢١٠ . تلوين الخريطة
الكتورية ٢١٢ . النماذج التضاريسية البارزة ٢١٦ - ملاحظات
وتمارين ٢٢١ - مراجع الفصل السابع ٢٢٨ .

الفصل الثامن : مساقط الخرائط ٢٢٩

مقدمة عامة ٢٢٩ (الأغراض التي تهدف المساقط إلى تحقيقها ٢٣١
- مقارنة شبكة المسقط بشبكة النموذج ٢٣٤ - تصنيف المساقط
٢٣٥) . المساقط المستوية ٢٣٩ (المسقط المركزي القطبي ٢٤٠) .
المساقط الإسطوانية ٢٤١ (المسقط الإسطواني الحقيقي ٢٤١ -
المسقط الإسطواني المتساوي المساحات ٢٤٣ - مسقط مركبتور
٢٤٣) . المساقط المخروطية ٢٤٦ (المسقط المخروطي بخطي عرض
قياسيين ٢٤٧ - مسقط بون ٢٤٨ - مسقط سانسون فلامستيد
٢٥٠) . المساقط الإصطلاحية أو الرياضية ٢٥٢ (المسقط الكروي
٢٥٣ - مسقط مولفندي ٢٥٤ - مسقط جود المقتضب ٢٥٦) .
مراجع الفصل الثامن ٢٥٩ .

فهرس الأشكال

صفحة	شكل
٢٢	١ - أقدم خريطة في العالم وُجِدت حتى الآن، مرسومة على قرص من الطين في حفائر جار - صور في العراق
٢٣	٢ - صورة طبق الأصل لخريطة بابلية على قرص من الطين تبين العالم المعروف آنذاك متمركزاً حول بابل
٢٨	٣ - خريطة العالم كما رُسمت على مسقط بطليموس
٣١	٤ - الهيكل العام لخرائط T-m-O (في العصور الوسطى)
٣٤	٥ - رسم تخطيطي لخريطة العالم للإدريسي (١١٥٤ م)
٣٨	٦ - خريطة العالم للكرتوجرافي مركيتور (١٥٦٩ م)
٥٣	٧ - من سلسلة الصور الفوتوغرافية المأخوذة من الجو، يمكن رسم خريطة لمنطقة كبيرة في جزء يسير من الوقت الذي تتطلبه المساحة الأرضية
٥٦	٨ - صورة جوية لمدينة بورت سودان - السودان
٧٤	٩ - بعض أنواع مساطر رسم المنحنيات
٧٥	١٠ - جهاز الرسم - جهاز « باراجون »
٧٦	١١ - جهاز التسطير الآلي

صفحة

شكل

- ١٢ - إحدى مساطر الرموز ، وهي عبارة عن مسطرة من البلاستيك
٧٨ ذات أشكال من الرموز المفرغة
- ١٣ - أهم أنواع أقلام التحبير ٧٩
- ١٤ - بعض الأخطاء الشائعة في استخدام قلم التحبير ، ثم
٨٠ الطرق الصحيحة في رسم الخطوط
- ١٥ - بعض أنواع المقسم والفرجار ٨٢
- ١٦ - بعض أنواع ريض التحبير ٨٥
- ١٧ - أنواع سن ريض التحبير الخاصة بقلم « بليكان جرافوس » . ٨٧
- ١٨ - بعض أنماط أوراق التظليل الآلي ٩٣
- ١٩ - أشكال مختلفة من إطارات مفتاح أو دليل الخريطة ١٠٠
- ٢٠ - يُقاس بعد المكان عن خط الاستواء بمقدار الزاوية
المحصورة بين هذا المكان ومركز الأرض ١٠٣
- ٢١ - رسم تخطيطي يبين مقدار زاوية دائرة العرض ٥٠° شمالاً ،
المقاسة من مركز الأرض عند مستوى خط الاستواء ١٠٤
- ٢٢ - أشكال مختلفة من مقياس الرسم الخطي ١٢٣
- ٢٣ - طريقة تقسيم أي خط مستقيم إلى أجزاء متساوية ، وذلك
بإستخدام الخط المساعد ١٣٠
- ٢٤ - نظرية إستخدام القطر في تقسيم الخط المستقيم ، وتطبيقها
في المقياس الشبكي ١٣٢
- ٢٥ - نموذج مكبر يوضح تقسيم المقياس الشبكي للبوصة ١٣٣
- ٢٦ - مقياس شبكي للبوصة ١٣٥
- ٢٧ - مقياس شبكي مرسوم على لوحات خرائط الريف المصرية
بمقياس ١ / ٢٥٠٠ (خرائط فك الزمام) ١٣٦
- ٢٨ - نموذج للمقياس المقارن ، يقيس على نفس الخريطة
بوحدة الكيلومتر والميل والميل البحري ١٣٨

شكل	صفحة
٢٩ - رسم تخطيطي يبين اختلاف طول المسافة المقاسة على الخريطة عن طولها الحقيقي في المناطق المرتفعة من سطح الأرض .	١٥١
٣ - طريقة استخدام المقسم أو التفرجار في قياس طول طريق متعرج على الخريطة	١٥٢
٣١ - طريقة استخدام شريط من الورق في قياس المسافة على طول طريق متعرج على الخريطة	١٥٣
٣٢ - عجلة القياس البسيطة وطريقة قياس المسافات بواسطتها . .	١٥٥
٣٣ - استخدام طريقة المربعات وطريقة الشرائع في إيجاد مساحة شكل على خريطة بمقياس ١ / ١٠٠,٠٠٠	١٥٩
٣٤ - جزء من شبكة النقط التي ابتكرها «بليك» لقياس المساحات بالهكتار على خرائط بمقاييس معينة	١٦١
٣٥ - جهاز البلاسيمتر لقياس المساحات غير منتظمة الشكل . .	١٦٤
٣٦ - إعداد البلاسيمتر لعملية القياس ، ثم قراءة الأرقام اللانتمرة على عجلاته بعد القياس	١٦٥
٣٧ - تصغير الخريطة أو تكبيرها بطريقة المربعات	١٦٨
٣٨ - إضافة شبكة أقطار المربعات إلى شبكة المربعات يساعد على دقة الرسم في تصغير الخرائط أو تكبيرها	١٧٠
٣٩ - جهاز البانتوجراف لتصغير الخرائط أو تكبيرها	١٧٢
٤٠ - استخدام طريقة الهاشور وطريقة الظلال في تمثيل الظواهر التضاريسية على الخرائط	١٧٩
٤١ - رسم تخطيطي لتوضيح فكرة خطوط الكنتور	١٨١
٤٢ - رسم خيالي لمستويات أفقية تقطع سطح جزيرة على مسافات منتظمة ، ثم الشكل الكنتوري لسطح الجزيرة	١٨٣
٤٣ - عدد من نقط المناسيب حدد لإرتفاع كل منها بالتر عن طريق المساحة الأرضية ، ثم إستنتاج خط كنتور ١٠٠ متر	١٨٦

شكـل	صفـحة
٤٤ - استنتاج ورسم بقية خطوط الكتور: ٢٠٠، ٣٠٠، ٤٠٠،	
١٨٧ متر. ثم الصورة النهائية للخريطة الكتورية الخاصة بهذه المنطقة	
٤٥ -- طريقة رسم خطوط الكتور بين نقط مناسب مختلفة	
١٨٨ (نقط ١، ب، ج)	
١٩٢ - أشكال من إنحدار سطح الأرض، ونمط خطوط كتورها .	
٤٧ - معرفة معدل الإنحدار من النسبة بين الفاصل الرأسى والمسافة	
١٩٤ الأفقية في الخريطة الكتورية	
١٩٨ - طريقة رسم القطاع التضاريسى من الخريطة الكتورية. . .	
٢٠٢ - بعض الأشكال الكتورية للتلال، وقطاعاتها العرضية . .	
٥٠ - الشكل للكتوري لبعض المظاهر التلالية: الحافة الفقيرة - تل	
٢٠٤ دو قمتين بينهما ثغرة - الجرف - الهضبة - الجبل البركانى .	
٢٠٦ - الشكل للكتوري للوادي والتواء	
٥٢ - الشكل للكتوري في مراحل النهر المختلفة، قطاع طولى للنهر	
٢٠٨ من منبعه إلى مصبه، ثم قطاعات عرضية مجسمة لمرحل النهر المختلفة	
٥٣ - منظر مجسم لمنطقة مقسم المياه الذى يفصل بين أحواض	
٢٠٩ نهري مختلفة، ثم الشكل للكتوري لمقسم المياه	
٥٤ - خريطة كتورية لجزيرة كورسيكا الفرنسية بالبحر المتوسط	
٥٥ - الأجزاء الخارجية المفرغة من ألواح الأبلكاش مرتبة فوق بعضها	
٥٦ - قاعدة الخشب السميك وقد وُضعت فوق ألواح الأبلكاش	
٥٧ - النموذج البارز كاملاً، بعد نزع جميع ألواح الأبلكاش	
٥٨ - خريطة كتورية تشمل مجموعة من الأحواض النهري والتلال	
٢٢٣ والتواءات ومقاسم المياه	
٥٩ - خريطة طبوغرافية لمدينة قوص في محافظة قنا المصرية	
٢٢٤ - رُسمت بمقياسين مختلفين	

شكل	صفحة
٦٠ - خريطة طبوغرافية لمنطقة قوص في محافظة قنا المصرية ، تبين خطوط الكتور وتوزيع مراكز العمران والترع والسكك الحديدية - وهي جزء منقول (بتصرف) من لوحة الأقصر بمقياس ١/١٠٠,٠٠٠	٢٢٦
٦١ - سلسلة الشرائع المثلثة الشكل التي تلتصق على نموذج الكرة الأرضية	٢٣١
٦٢ - أحد أشكال المساقط المستوية المنظورة. مصدر الضوء في مركز الكرة ، والسطح المستوي بمس الكرة عند أحد قطبيها . . .	٢٣٦
٦٣ - إحاطة الكرة الزجاجية بإسطوانة من الورق ، ثم بسط الإسطوانة ليظهر : المسقط الإسطواني المنظور	٢٣٧
٦٤ - فكرة إستنباط المسقط المخروطي ، وذلك بإحاطة الكرة بمخروط من الورق قمته فوق القطب	٢٣٨
٦٥ - مسقط مركبتور - المسقط الإسطواني الصحيح الشكل ففي المساحات الصغيرة	٢٤٤
٦٦ - خريطة أوروبا على مسقط « بون » - أو المسقط المخروطي المتساوي المساحات	٢٤٩
٦٧ - المسقط المنحني (سنوسويد) - أو مسقط «سانسون-فلامستيد»	٢٥١
٦٨ - المسقط الكروي	٢٥٣
٦٩ - مسقط « مولفيدي »	٢٥٥
٧٠ - مسقط « جود » المقتضب ، والمعدل عن المسقط المنحني ومسقط مولفيدي	٢٥٧

الفصل الأول

الخرائط

مفهومها وتطورها التاريخي

أصبحت الخرائط شيئاً عادياً بالنسبة لنا جميعاً ، إذ نحتاج إليها دوماً مهما اختلف وجه النشاط الذي نزاوله . وتنبع هذه الحاجة من رغبتنا في تحديد المسافات والطرق والمواقع والمساحات وغيرها من المظاهر المكانية العديدة . فالحركة من مكان إلى مكان مظهر أساسي من مظاهر حياتنا ؛ ولما كانت كل الأماكن تختلف وتباين ، فحاجتنا ماسة إذن إلى الخرائط لكي تمثل لنا - بصورة مرئية - سطح الأرض ككل ، وكذلك أجزائه المختلفة بكل ما فيها من تفاصيل . ولما كانت أغراضنا كثيرة ومتنوعة ، فقد استلزم الأمر استخدام خرائط متعددة الأنواع ومختلفة المقاييس لكي تختم كل هذه الأغراض .

والخريطة أداة ضرورية لطم الجغرافيا بصفة خاصة ، ذلك لأنها تقدم الصورة المرئية التي تساعد في تفسير العلاقة المتبادلة بين الإنسان والبيئة ، فمن الطبيعي حين يفحص الجغرافي المركب البيئي أن يتعرف على تفاصيل هذا المركب ، من حيث ظاهراته الطبيعية كالجبال والسهول والأنهار والشلالات والقبابات والأمطار ، وكذلك ظاهراته البشرية كالطرق والسكك الحديدية والسكن والكباري والآبار والمزارع والمصانع . هذه الظاهرات وغيرها من الكثرة بحيث لا يمكن استظهارها عن ظهر قلب ، كما أنه ليس في مقلور

الجغرافي من الناحية العملية أن يقوم بزيارات كثيرة إليها كلما أراد أن يتحقق من كل ظاهرة بالذات . ومن ثم تبدو الحاجة إلى وسيلة ملموسة قد تساعده بأن تقدم له بيانات ومعلومات جاهزة وصحيحة في نفس الوقت . وهنا تأتي الخريطة لنجدته وتثبت أنها مرشد صائب ومعين لا ينضب . ذلك لأنها تحتص أعظم كم من الإيجاز وتصور تفاصيل « اللاندسكيب » الطويلة والكثيرة الحشو على لوحة في متناول يده .

وتمثل الخريطة أيضا وسيلة بيانية يعرض عليها الجغرافي نتائج دراساته وأبحاثه . فمن المسلم به أن يكون الجغرافي قادراً على إضافة أية بيانات جديدة إلى الخريطة المطبوعة . فهو يجمع من هذه الخريطة ما يريده من بيانات أساسية ، ثم بشرع في خلق خرائط جديدة يضمنها ما انتهى إليه من نتائج دراساته الميدانية . وتتمثل هذه النتائج في شكل علاقات مكانية وتوزيعات وتهميمات وغير ذلك من معلومات خاصة . فالخريطة إذن تلعب دوراً مزدوجاً بالنسبة للجغرافي : فهي من ناحية أداة ضرورية تعينه على القيام بدراساته وأبحاثه ، ومن الناحية الأخرى تساعده على عرض مادته العلمية وبيان ما انتهى إليه من نتائج ومعلومات وقياسات جديدة .

مفهوم الخريطة :

يمكن تتبع أصل كلمة « خريطة map » في المصطلح اللاتيني « Mappa » الذي يعني : قطعة قماش — في حجم منديل اليد تقريبا . ويبدو أن كلمة « Mappa » أو mappa mundi لم تعجب الرومان . الذين استخدموا مصطلحات أخرى للإشارة على الخريطة مثل forma و orbis pictus . ويرجع الفضل في استخدام مصطلح mappa mundi إلى الراهب « ميكون Micon » من سانت ريكير . حين أطلقه على خرائط العالم في العصور الوسطى في سنة ٨٤٠ ميلادية . ومرت بعد ذلك سنوات وقرون تحرف خلالها هذا المصطلح إلى كلمة map التي شاع استخدامها ووجدت إستجابة عالمية .

وفي اللغة العامة، يمكن تعريف الخريطة بأنها تمثيل اصطلاحي conventional أو رمزي صغير المقياس للأرض (أو جزء منها) كما تُرى من أعلى (١).

ومن الواضح أن الخريطة أصغر حجماً بكثير جداً من المساحة الحقيقية التي تمثلها من سطح الأرض. ذلك لأن كل مظاهر هذه المساحة (المنطقة) ينبغي بالضرورة أن تُمثل بالقدر الذي يجعلها مرئية في إطار الحدود المفروضة بحجم لوحة الخريطة. ومن ثم، تُرسم كل خريطة بمقياس رسم scale يحدد النسبة بين أي مسافة محصورة بين نقطتين على الخريطة، والمسافة الحقيقية التي تناظرها على الأرض (أو في الطبيعة). وأي تمثيل كرتوجرافي لا يرسم بمقياس، لا ينبغي أن نسميه خريطة وإنما الأحسن أن نسميه رسماً بيانياً diagram أو رسماً تخطيطياً (كروكياً) sketch. ولا بد لدارس الجغرافيا أن يفهم تماماً دلالات استخدام مقياس الرسم، حتى يستطيع تصور مواقع الأشياء الميَّنة على الخريطة. ومن هنا كان لمقاييس الرسم واستخداماتها أهمية رئيسية بالنسبة للكرتوجرافي وكذلك الجغرافي، ولذلك فقد أفردنا لها فصلاً كاملاً في هذا الكتاب.

وتُرسَم الخريطة على سطح مستوي plane، وهي بذلك تمثل بعدين فقط — هما العرض والطول في الشكل الهندسي. ولكن نمط سطح الأرض مقوس في الحقيقة وليس مستويًا. ومن ثم له ثلاثة أبعاد في الشكل الهندسي. وبناء على ذلك، تصبح الخريطة صورة لسطح مقوس بأبعاده الثلاثة على سطح مستوي له بعدين فقط — وهي بذلك ليست تمثيلاً صحيحاً لسطح الأرض.

(١) يجب أن يشير في هذه المناسبة إلى تمييز «كارتوجرافيا Cartography»، وهو يعني في إطاره الضيق: رسم الخرائط. وبالتالي كلمة كارتوجرافي، وهو: رسام الخرائط، وكارتوجرافية شيئاً متصلاً برسم الخرائط. أما المعنى الشامل للكارتوجرافيا، فيشمل كل عمليات صناعة الخريطة ابتداءً من عملية المساحة الحقيقية على الأرض إلى عملية طبع الخريطة. وفي اليونانية تسمى كلمة chartès - لوحة ورق؛ وكلمة graphein: يكتب أو يصف أو يصور بالرسم.

ولأن الكرة (الأرضية) هي التمثيل الصحيح لسطح الأرض . ولذلك فهناك قصور لا يمكن التغلب عليه في كل الخرائط ، إذ لا تمثل البعد الثالث لشكل سطح الأرض .

وفي الحقيقة تواجه عملية إنشاء الخريطة هذه المشكلة الأساسية ، وهي مشكلة تحويل السطح الكروي إلى سطح مستوي . ويتمثل حل هذه المشكلة في استخدام ما يعرف باسم « مساقط الخرائط » map projections . ولهذا تحتل دراسة هذه المساقط مكاناً هاماً في الدراسات الكارتوجرافية .

وقد ذكرنا في تعريف الخريطة بأنها تمثيل اصطلاحي لأنماط سطح الأرض . ذلك لأن ظاهرات سطح الأرض المختلفة تصور على الخريطة بأشكال رموز معينة ومقررة (أي اتفق أو اضطلع على أن رمزاً معيناً يمثل ظاهرة معينة - مثل المربع الذي يمثل عاصمة الدولة في الخرائط الصغيرة ، ورسم الحشائش الذي يمثل المستنقعات في الخرائط الكبيرة المقياس) ، وتسمى هذه الرموز والعلامات باسم : رموز المصطلحات ، أو الرموز الاصطلاحية conventional signs . فأي تمثيل كرتوجرافي لا يستخدم الرموز المصطلح عليها وإنما يستخدم رموزاً أخرى تحكمية اختيرت بحرية شخصية ، من الممكن أن يكون رسماً تخطيطياً وليس خريطة بالمعنى الدقيق . ولهذا كان لرموز المصطلحات أهمية كبرى في قراءة وتفسير الخرائط .

والخريطة بعد كل هذا تنفرد بخاصية مميزة ، وهي كما ذكرنا عبارة عن تمثيل لأنماط سطح الأرض كما لو كنا ننظر إليها من أعلى . ولهذا تتميز الخريطة في هذه الناحية عن الصورة الفوتوغرافية العادية . ففي الصورة الفوتوغرافية يقل حجم الأشياء أو الظاهرات كلما بعدت المسافة عن آلة التصوير ، بينما في الخريطة يظهر حجم كل الأشياء المينة فيها بنسق واحد مهما امتدت أو بعدت هذه الأشياء . . ولهذا السبب اعتبرنا الخريطة أنها تمثيل لسطح الأرض كما لو كنا ننظر إليه من عل . ومن الواضح أننا نستطيع أن نسيطر برؤيتنا تماماً على

أي منطقة كبيرة عندما نطل عليها من أعلى أكثر مما لو نظرنا إليها من أي جانب . وقد يقال إن الخريطة بطبيعتها المستوية لا تجسم ارتفاعات سطح الأرض المختلفة . ومع ذلك فهذا أمر قليل الأهمية من الناحية العملية ، لأنه أمر ملحوظ أيضا عندما ننظر إلى ظاهرات سطح الأرض من طائرة على ارتفاع معين ، إذ سوف تبدو كل هذه الظاهرات وكأنها فقدت ارتفاعها النسبي ونرى كلاً منها متساوياً فوق أي مساحة كبيرة من سطح الأرض — وهذا ما تمثله الخريطة .

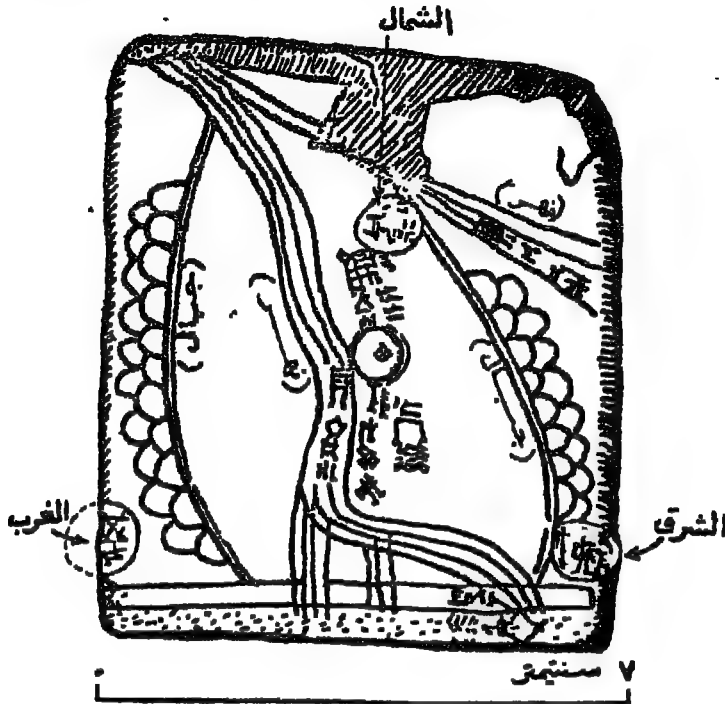
ولما كان الخرائط كل هذه الأهمية بالنسبة لنا جميعا ، فمن المفيد أن نستعرض هنا باختصار قصة الكرتوجرافيا التاريخية ، لأنها ستكشف لنا كيف كانت هناك محاولات لعمل الخرائط منذ بضعة آلاف من السنين ، وكيف تطورت هذه المحاولات عبر العصور ، وأفلدت الإنسان خلال الخمسمائة سنة الأخيرة أو نحوها حتى استطعنا أن نرسم بمهارة أدق الخرائط وأحسنها في أيامنا الحالية .

قصة الخرائط عبر العصور

١ — البدايات القديمة :

احتاجت الحضارات القديمة إلى خرائط تبين عليها الطرق لتفيد جيوشها وتجارها ، واحتاجت كذلك إلى ما نعرفه اليوم بالخرائط الكادستريّة (cadastral) (المرسومة نتيجة المساحة التفصيلية) لكي تبين عليها حيازات الأرض من أجل أغراض فرض الضرائب . وفي الشرق الأوسط ، اكتشف علماء الآثار عدداً من الخرائط البابلية منقوشة على أقراص من الطين وتغطي مساحات تتراوح في أحجامها من العقارات والمدن إلى كل بابل . ومن بين هذه الخرائط ، وجد الأثريون عندما كانوا ينجبون في مدينة « جار — صور » Gar-Sur القديمة والتي تبعد إلى الشمال من موقع بابل بحوالي ٣٠٠ كيلومتر ، خريطة

مرسومة على قرص من الطين المحروق يرجع تاريخها إلى الألف الثالثة قبل الميلاد ، وهذه هي أقدم خريطة في العالم بين كل ما وجدته الانسان من خرائط قديمة حتى اليوم (عمرها الآن حوالي ٤٥٠٠ سنة) . وتبين هذه الخريطة (شكل ١)



(شكل ١) أقدم خريطة في العالم . وُجِدت حتى الآن ، مرسومة على قرص الطين في حفائر جار - صور في العراق (عمرها حوالي ٤٥٠٠ سنة) .

ة كبيرة تقع في وادي نهر (ربما نمر دجلة) وتمتد بين سلسلتين ، ومن المدهش أن اتجاهات الشرق والغرب والشمال مبيّنة على هذه خطة - ولكن ليس عليها مقياس رسم .

وهناك خريطة طينية بابلية أخرى ترجع إلى حوالي سنة ٢٤٠٠ قبل الميلاد . سور العالم المعروف على شكل قرص مستدير يحيط به نهر خرافي Oceanus

وفي مركزه بابل (شكل ٢) . هذه بالطبع خرائط بدائية . ولكن بالإضافة الرئيسية التي قدمها البابليون للكارتوجرافيا (علم الخرائط) تتمثل في دراستهم لحركات الأجرام السماوية . وفي طريقتهن لتقسيم الدائرة إلى ٣٦٠ ° . وهو التقسيم الذي لا زال مستخدماً حتى اليوم .



(شكل ٢) صورة طبق الأصل لخريطة بابلية على قرص من الطين تبين العالم المعروف آنذاك متركزاً حول بابل ، وتبين كذلك نصاً يقرر إنتصارات سرجون الأكدي (حوالي ٢٢٠٠ ق . م .) .

أما ما بقي من خرائط مصر القديمة فأقل كثيراً ، ذلك لأن الكرتوجرافيين والمساحين المصريين استخدموا ورق البردى دائماً في رسم خرائطهم ، وهو بالطبع أقل تحملاً من الطين بكثير . ويرجع تاريخ أقدم خريطة مصرية معروفة لنا إلى حوالي عام ١٣٢٠ ق . م . ، وهي تبين مواقع الطرق إلى منجم للذهب في الصحراء الشرقية . ولكن هناك أدلة كثيرة على تطور صناعة الخرائط بمصر القديمة ، وبخاصة رسم الخرائط الكدستريالية (التفصيلية) التي كانت متطورة جداً . فقد كان المصريون أول من حسب المساحات ، وذلك عن طريق تقسيم العقارات الأرضية غير منتظمة الشكل إلى مثلثات تُعلم بأوتاد على الأرض - وهذه هي الطريقة التي تعرف بالمثلثات الشبكية *Triangulation* والتي لا زال المساحون يستعملونها حتى اليوم . كذلك تبين النقوش الأثرية أن الأرض كانت تقاس بواسطة جبل أو سلة ذات عقد - وهذا هو النموذج الأصلي لجزير المساح *chain* الذي نعرفه اليوم .

أما في الشرق الأقصى ، فهناك ما يدل على أن الخرائط كانت تصنع في الصين منذ نحو ألفي سنة مضت ، ولكن ما وجدناه من خرائط الصين القديمة حتى الآن لا يرجع إلى أبعد من القرن الثاني عشر الميلادي .

وإذا أردنا أن نقيم خرائط الحضارات القديمة بصفة عامة ، وما أضافته لدلم الكارتوجرافيا ، نلاحظ ما يلي :

١ - تعكس هذه الخرائط القديمة المناخ الاجتماعي والفلسفي الذي ساد في تلك الأوقات ، فقد كانت هذه الخرائط بسيطة وعملية بشكل صارم .

٢ - السجلات الأثرية المتاحة وبعض الأمثلة الباقية من خرائط مصر القديمة ، تحدد مصر كأول مكان في التاريخ الكارتوجرافي . فقد عرفت مصر منذ وقت مبكر الخرائط التي تبين الحدود بين الملكيات العقارية ، وهي تشبه إلى حد كبير الخرائط الكدستريالية التي نعرفها اليوم . كذلك أضافت مصر إلى الكرتوجرافيا فكرة قياس المساحات غير منتظمة الشكل .

٣ - يرجع الفضل إلى البابليين في إعطاء مفهوم معقول للعالم . فقد كان المفهوم البابلي للعالم يمثل الأرض على شكل قرص مستدير يطفو على سطح المحيط ، وينحني فوقه قوس سماوي ، وقد ظل هذا المفهوم ثابتاً حتى أثناء العصور الوسطى . كما أدخل البابليون النظام الستيني ؛ إذ قسموا دائرة السماء إلى ٣٦٠ درجة ، وكل درجة إلى ٦٠ دقيقة وهذه إلى ٦٠ ثانية وبالمثل قسموا اليوم إلى ساعات ، وهذه إلى دقائق ، ثم ثوان - ومن ثم ربطوا الأرض بالسماء . ومن المعتقد أيضاً أنهم عرفوا الجهات الأصلية الأربعة واستخدموها ، وكانوا يضعون الشمال في أعلى الخريطة - وربما كان وضع الشمال إلى أعلى في خرائطنا الحديثة اقتباساً مباشراً من خرائط البابليين . ونحن نعرف اليوم نوعاً من الخرائط الكدستالية الكبيرة المقياس يسمى خرائط خطة المدينة town plan ؛ وأقدم خريطة من هذا النوع ترجع إلى القرن السابع قبل الميلاد ، وهي من بابل أيضاً .

٢ - إضافات الإغريق :

وضع اليونانيون القدماء أسس الكرتوجرافيا الحديثة ، وظلت أعمالهم (والتي بلغت أوجها في دراسات كلاوديوس بطليموس في القرن الثاني الميلادي) أكثر الأعمال تقدماً في صناعة الخرائط حتى القرن الخامس عشر الميلادي . وكان الفلاسفة اليونان القدامى ، كالبابليين ، يعتقدون في أول الأمر أن الأرض عبارة عن قرص مسطح تحيط به المياه من كل جانب ، كما صورت خرائطهم مناطق صغيرة فقط . ولكن ما أن حل القرن الخامس قبل الميلاد حتى كانوا قد عرفوا المنطقة الممتدة من المحيط الأطلسي إلى نهر السند ، ولكن معرفتهم بالمناطق الممتدة إلى الشمال وإلى الجنوب كانت محدودة بشكل كبير - ومن ثم هدامهم تفكيرهم عن العالم المعمور بأنه على شكل مستطيل .

وعلى أية حال ، صياغ الفلاسفة الإغريق في بداية القرن الرابع قبل الميلاد النظرية القائلة بأن الأرض عبارة عن كرة . وقد أقاموا ذلك على أسس دينية

وفلسفية وليس على أي أسباب علمية . ولكن هكذا عُرِفَت الحقيقة عن طريق الخطأ - كما هو الحال غالباً في تاريخ البشرية . وكان أرسطو الفيلسوف الاغريقي يعلم تلاميذه أن الأرض كرة ثابتة ومتوازنة في مركز الكون . وفي عام ٣٧٠ قبل الميلاد ، حاول إيدوكستس Eudoxus of Cnidus أن يحسب طول محيط الأرض بقياس الفرق في ارتفاع نجم معين من مكانين مختلفين . ولكن رقامته كانت تتجاوز طول المحيط كما نعرفه اليوم بنحو ٦٠ / .

وكانت الإسكندرية المركز العلمي الرئيسي في امبراطورية الإسكندر الكبير ، وقد عاش إراتوستين Eratosthenes (٢٧٦ - ١٩٤ ق . م) في هذه المدينة أميناً لمكتبتها ، وكان أول رجل يحسب حجم الأرض بدرجة قريبة من الحقيقة . فقد لاحظ أن الشمس في يوم ٢١ يونيه (حزيران) من كل عام تكون مرتبة في مياه بحر بمدينة أسوان ، ومن ثم فهي تكون في ذلك الوقت فوق سمت الراصد مباشرة . وبافتراضه أن الإسكندرية تقع إلى الشمال مباشرة من أسوان - أي أنهما على خط طول واحد (وهذا غير صحيح) - فقد قدر المسافة بينهما ، ثم قاس بعد ذلك زاوية ميل أشعة الشمس عند الإسكندرية ووجدتها ١/٥٠ من الدائرة (أي حوالي ٧ درجات) . ومن هذه الحسابات استطاع أن يحسب طول خط الطول المفروض أن يكون طوله ٥٠ مرة قدر المسافة بين الإسكندرية وأسوان .

ورغم أن هذه القياسات والإفراضات كانت غير صحيحة ، لأنه افترض أن الأرض كرة تامة الاستدارة (وهذا غير صحيح) . إلا أن أخطائه ألفت بعضها البعض ، وجاءت النتيجة النهائية - كما تذكر بعض المصادر - في حدود ٥٠ ميلاً من الطول الذي نعرفه اليوم عن محيط الأرض .

وبعد ذلك بحوالي مائة سنة ، كان هناك تقدير آخر لمحيط الأرض ، توصل إليه بوزيلونيوس Posidonius عن طريق رصد النجوم ، ولكن تقديره كان أصغر كثيراً من الطول الحقيقي لمحيط الأرض ، إذ كان أقل .

منه بمقدار الربع . ومن سوء الحظ أن هذا التقدير غير الصحيح هو الذي استخدمه الكرتوجرافيون بعد ذلك ، ومنهم بطليموس نفسه . ومن سوء الحظ أيضاً أو من حسن الحظ ، أن كرسثوفو كولبس أخذ بهذا التقدير ، واعتقد - خطأ - في القرن الخامس عشر الميلادي أن أمريكا هي آسيا ، وأن الأرض في اعتقاده المبني على هذا الخطأ كانت أصغر بكثير مما هي عليه . وربما ما كان قد أقبل على رحلته التي اكتشف فيها الأمريكتين لو كان قد عرف الحقيقة أو كان قد أخذ بتقدير إيراتوستين .

وقد كان هيباركوس Hipparchus ، الذي عاش في منتصف القرن الثاني قبل الميلاد (١٤٠ ق . م) ، واحداً من أعظم علماء الفلك اليونانيين . وقد طور أفكار إيراتوستين في صناعة الخرائط ، وأكد ضرورة تعيين خطوط العرض والطول لعدد كاف من الأماكن بالرصد الفلكي قبل محاولة تجميع الخريطة ، كما اقترح أن تكون شبكة خطوط الطول والعرض منتظمة والمسافات بينهما متساوية .

وفي القرن الأول الميلادي ، طور ماويناوس السوري Marinus of Tyre بعض أفكار الذين سبقوه عن مساقط الخرائط ، والتي كانت تبين خطوط الطول والعرض كخطوط مستقيمة وتتجاهل تقارب خطوط الطول نحو القطبين . ولكن لم يبق شيئاً من كتاباته الخاصة بهذا الموضوع ، وإنما بقيت خرائطه وهي التي طلب من بطليموس بعد ذلك أن ينقحها في كتابه « الجغرافيا »

دور بطليموس : على أن الكرتوجرافيا اليونانية بلغت أوجها على يد كلاوديوس بطليموس السكندري Claudius Ptolemy . ومما نعرفه عن حياة هذا الفلكي والرياضي اليوناني اللامع ، جد قليلة . وقد عاش في الاسكندرية في القرن الثاني الميلادي (٩٠ - ١٦٨ م) ، وأتيح له الاتصال بمكتبتها ومتحفها العظيمين . وقد كتب بطليموس عدداً من المؤلفات الهامة ، أعظمها من غير شك : المجسطى The Almagest ؛ والجغرافيا The Geographia (وتسمى

أيضا : الكوزموجرافيا (Cosmographia) . ومحتوي المجسطى على أرصاده ونظرياته الفلكية ، والتي ظلت سبابة بارزة حتى كانت اكتشافات نيوتن في القرن السابع عشر الميلادي . أما كتابه « الجغرافيا » فيقع في ثمانية أجزاء : لاحتوى الجزء الأول منها دراسة أسس صناعة الخرائط . واحتوت الأجزاء الستة التالية على كشف بأسماء ثمانية آلاف موقع مع تقدير خطوط الطول والعرض لكل منها . أما الجزء الثامن فقد اشتمل على طرق رسم خريطة العالم ، ومساقط الخرائط ، وطرق عمل الارصاد الفلكية . وقد تضمن كتابه أيضا خريطة للعالم إلى جانب ٢٦ لوحة تفصيلية لأجزاء العالم المختلفة . على أن الباحثين المحدثين قد تساءلوا عما إذا كانت خريطة العالم هذه قد رسمها بطليموس فعلا ، أم أن رسمها قد تم على أيدي باحثين آخرين جاءوا بعده واتبعوا مبادئه ومعلوماته المسجلة في كتاباته . والواقع أنه عندما أعيد « اكتشاف » كتابات بطليموس في القرن الخامس عشر ، أنشئ كثير من خرائط للعالم على أساس مبادئه وتوجيهاته المكتوبة (شكل ٣) . وظلت خريطته للعالم أحسن من أي مثيل لها . حتى في القرن الخامس عشر نفسه - أي بعد ألف سنة من مشنها الأصلي .



(شكل ٣) خريطة العالم كما رسم على مسقط بطليموس .

وبالمقاييس الحديثة ، تعتبر خرائط بطليموس غير صحيحة . وكان أكبر مصدر لأخطائه هو تقديره لطول محيط الأرض بأقل من الواقع بكثير (٤٠٪) ، وقد اعتقد نتيجة لذلك أن أوروبا وآسيا يمتدان من الغرب إلى الشرق نحو نصف امتداد الكرة الأرضية — أي ١٨٠° . وفي الحقيقة تغطي هذه الكتلة الأرضية العظيمة ١٣٠° فقط . كما أنه فشل في تصوير الهند كشبه جزيرة واضحة ، بينما بالغ كثيرا في مساحة جزيرة سيلان . وأظهر المحيط الهندي كبحر مغلق نتيجة فشله في اظهار شكل إفريقيا الحقيقي .

ولكن بالرغم من كل هذا القصور ، فإن كتابه « الجغرافيا » يمثل انجازاً عظيماً ويعتبر قمة الكرتوجرافيا اليونانية . ورغم أن صناع الخرائط من العرب في العصور الوسطى كانوا يستخدمون كتاب الجغرافيا لبطليموس ، إلا أن هذا الكتاب كان قد اختفى في العالم الأوربي الغربي منذ وقت طويل حتى أعيد اكتشافه في أوائل القرن الخامس عشر ، عندما ترجم إلى اللاتينية . وكان هذا الاختفاء من سوء حظ العلماء والكرتوجرافيين الأوربيين ، لأنه كان يعني اختفاء مفهوم كروية الأرض بالنسبة لهم . ولهذا فقد إرتد معظم صناع الخرائط الذين حاموا بعد بطليموس إلى الفكرة القديمة القائلة بأن الأرض قرص مستدير يطفو على سطح المحيط .

٣ — الخرائط الرومانية :

كان المفروض أن يصنع الرومان خرائط جيدة ، فقد كان لديهم مساحون على درجة عظيمة من المران ، إلا أن ما بقي ليبن إضافاتهم للكرتوجرافيا هو بضع خرائط تخطيطية Sketches وخرائط تفصيلية للمدن مثل خريطة خطة روما . فلم يكن الرومان مهتمين بالآفكار اليونانية الخاصة بمساقط الخرائط أو بتحديد الأماكن بواسطة خطوط الطول والعرض . وتعرف من اشاراتهم في كتاباتهم عن خريطة العالم ، أنهم إرتدوا إلى الفكرة القديمة عن الأرض بأنها قرص مستدير مسطح . فرسموا خريطة العالم على شكل دائرة تتوسطها

امبراطوريتهم التي شملت سواحل البحر المتوسط في مبالغة كبيرة . وجعلوا آسيا (التي تقع في الشرق) في أعلى الخريطة – فأصبح الشرق Orient في أعلى الخريطة (ومن هنا جاء تعبير Orientation أي التوجيه) ، وهو الأمر الذي أخذه عنهم صناع الخرائط في العصور الوسطى حين وافق معتقداتهم المسيحية .

والواقع أن الرومان كانوا أناسا عمليين : إذ اهتموا بالطرق وخرائطها أكثر من أي شيء آخر . فقد ذكر علماء التاريخ بصدق أن الرومان « غزوا العالم بدون خرائط ، ولكنهم استخدموا الخرائط في حكم هذا العالم »^(١) ومن أهم إضافاتهم في هذا الموضوع : لوحة بوتنجر Peutinger Table ، وسميت كذلك نسبة إلى شخص ألماني امتلكها في القرن السادس عشر . وهي ليست خريطة بالمعنى المعروف وإنما هي نوع من الرسوم البيانية التي توضح الطرق على شكل خطوط مستقيمة . ويرجع تاريخ هذه اللوحة إلى القرن الثالث الميلادي ، وهي عبارة عن لوحة طولها ٢١ قدما وعرضها قدم واحد ، رسمت عليها الطرق الرومانية مع بيان المسافات بين الأماكن المختلفة ، ولكن ليست فيها أية محاولة لبيان الاتجاهات . وهي على كل حال غنية بالمعلومات وتشمل الكثير من أسماء الأماكن . ومن الطريف أننا نجد في الوقت الحاضر خرائط طرق مبسطة من هذا النوع ، وهي التي تنشرها هيئات نوادي السيارات في دول العالم المختلفة

٤ - الخرائط في العصور الوسطى :

رسم الوحوش على المجهول من الأرض : كانت المعلومات الجغرافية متوقفة تماما في العالم الأوروبي أثناء الفترة المبكرة من العصور الوسطى . واستعان صناع الخرائط بالخيال والأساطير غالبا ملء الفجوات والأماكن المجهولة

(١) Charlesworth, M.P. (1924) Trade Routes and Commerce of the Roman Empire, Cambridge, p. 13.

على خرائطهم وكان هناك في القرن السادس الميلادي راهب مصري (Cosmas Indicopleustes) استطاع أن يشهر فكرة كروية الأرض وأن ينشر المفهوم القديم الخاص بأن الأرض قرص مستدير . ورسم العلماء المسيحيون خرائط للعالم على غرار خريطة العالم الرومانية المستديرة كالقرص ، ولكن مع تعديل بسيط لكي يتناسب مع التعاليم المسيحية ، وذلك بأن جعلوا أورشليم (القدس) تحتل مركز العالم ، والجنة في أعلى الخريطة – وبذلك كان توجيه الخريطة نحو الشرق وهو في أعلى الخريطة . وساد أثناء هذه الفترة نوع عام من الخرائط . كان يسمى T-in-O ، أو خريطة الصجلة (شكل ٤) . ويمثل شكل حرف O حد الأرض فهو على شكل قرص مستدير ، أما شكل T داخل الدائرة فيكونه خط أفقي يمتد من نهر الدن Don إلى نهر النيل ، وخط آخر عمودي عليه يمثل البحر المتوسط . وقد تنوعت هذه الخرائط تنوعاً كبيراً



(شكل ٤) الهيكل العام لخرائط T-in-O . لقد استمالت فكرة الرومان عن شكل العالم كقرص مستدير عقول الناس في العصور الوسطى .

في الحجم والتفاصيل ، وبقي منها قلة بسيطة فقط . ومنها خريطة هيرفورد Hereford التي رسمت في نهاية القرن الثالث عشر (١٢٨٠) ، وهي تبين أشكالاً خرافية لأشخاص نصفها الأعلى من البشر ونصفها الأسفل من الماعز وغير ذلك من الحيوانات الخرافية ، بين ثروة من التفاصيل الخاصة بالتوراة مع السيد المسيح في أعلى الخريطة . أما المساحات الأرضية فمحرقة بشكل كبير (١) .

دور العرب : وبينما تدهورت الخرائط في أوروبا أثناء العصور الوسطى أو ما يسمى بالفترة المظلمة في تاريخ الخرائط ، كان العرب والمسلمون في منطقة الشرق الأوسط قد واصلوا حمل التراث الكرتونجرافي اليوناني القديم ، وأضافوا عليه . فقد أعاد العرب حساب طول الدرجة ووصلوا إلى نتائج دقيقة جداً ، وأنشأوا نماذج للكرات السماوية ودرسوا مشكلة مساقط الخرائط ، كما أنهم استخدموا الخرائط في تعليم الجغرافيا بالمدارس .

ففي الفترة المحصورة بين القرنين السابع والثاني عشر الميلادي نجد أن المعرفة الجغرافية والدراسة بالخرائط تنتقل من أوروبا إلى المراكز العلمية الكبيرة في بغداد وقرطبة ودمشق . ولذلك لم تكن النهضة في العلوم الرياضية والفلكية التي قامت في روما وأكسفورد وباريس في القرن الثالث عشر إلا انعكاساً للجهود العربية الإسلامية في ميدان الخرائط .

وكان مما ساعد العرب على تفوقهم الكرتونجرافي ، درايتهم الواسعة بالرياضيات والفلك وهي أمور تتصل حتى بدينهم (تطلب نظام الصلاة العناية بدراسة طرق تحديد القبلة . فاهم العرب نتيجة لذلك بالدراسات الفلكية) ورحلاتهم ونظام حياتهم واتساع دولتهم الإسلامية (كانت فترة الحج فرصة

(١) توضح خريطة هيرفورد رسوم حيواناتها وأساكنها كيف تدهورت الكرتونجرافيا بعدما يقرب من ألف سنة من عصر بطلميوس . وهذه الخريطة محفوظة في مكتبة الكونغرس الأمريكية ، ولها صورة واضحة في كتاب .

Robinson A.H. (1960), Elements of Cartography, John Wiley, p. 6.

لتبادل التجارات والمعلومات مع غيرهم من مسلمي الشعوب المختلفة ، وكذلك حين اتسمت الدولة الإسلامية بطلب الأمر تكون جهاز للبريد ومد شبكة للطرق ، وبانتشار الطرق ازدهرت التجارة وامتد نشاطها إلى خارج أراضي الدولة مما أتاح لكثير من التجار المسلمين أن يدونوا مشاهدتهم في البلاد الأجنبية . ومما ساعد العرب على هذا التفوق العلمي أيضاً ، حريّة الترجمة العلمية التي قاموا بها خلال القرن الثامن الميلادي ، والذي شهد أيضاً ترجمة كتاب « الجغرافيا » لبطلميوس . وبين هنا وأصل العرب حمل تراث السلف من اليونانيين ، وقدموا الحلقة « المفقودة » - مهّتها كانت ضففة - بين العلوم القديمة لإبان الفترة الكلاسيكية وبين بعثها الجديد بعد ذلك في عصر النهضة في أوروبا .

ويعتبر « الخوارزمي » واضع الأساس الأول لعلم الخرائط العربي ، فقد ألف كتاب « صور الأرض » في النصف الأول من القرن التاسع الميلادي . ويقال إنه درس علم مساحة أو حساب المثلثات في الهند . ومما يؤسف له أن معظم الخرائط التي أسهم الخوارزمي في رسمها قد فقدت .

وكان « المسعودي » أشهر صناع الخرائط العرب في هذه الفترة المتقدمة ، وكان قد ولد في بغداد ثم أمضى شبابه في الترحال والسفر ، وفي سني عمره الأخيرة زار مصر حيث توفي بالقسطاط . وقد حقق المسعودي اطلاعاً واسعاً على المؤلفات الجغرافية التي تيسرت له في عهده ، وسجل خبراته في كتابه المشهور « مروج الذهب ومعادن الجوهر » . وتعتبر خريطته عن العالم من أدق الخرائط العربية ، وكان يعتقد باستدارة الأرض وضمن خريطته هذه خطين متعامدين أحدهما خط الاستواء .

على أن أعظم إضافة قدمها العرب إلى الكرتوجرافيا ، هي خريطة « الإدريسي » للعالم في سنة ١١٥٤ ، وقد رسمها حين كان مشمولاً برعاية الملك روجر الثاني Roger II ملك صقلية - وهو ملك نورماندي الأصل .



(شكل ٥) رسم تخطيطي لخريطة العالم للإدريسي (١١٥٤ م) .

وقد تضمنت خريطة الإدريسي معلومات من كلا المصدرين : الغرب المسيحي ، والشرق الإسلامي . وترجع أهمية هذه الخريطة بالنسبة للغربيين إلى ثروة المعلومات الخاصة بالجزء الآسيوي ، ومنطقة الشرق الأوسط ووسط آسيا بشكل خاص . وقد رسم الإدريسي خرائط أخرى واستخدم الألوان في خرائطه . فظهرت البحار باللون الأزرق ، بينما استخدم اللون الأخضر للأنهار ، واللون الأحمر والبنّي والأرجواني للجبال ، أما المدن فقد رسمت بدوائر مذهبة . والشيء الملحوظ في خريطة الإدريسي وكل خرائط العرب الأخرى ، أنها موجهة نحو الجنوب - وبذلك يكون الجنوب في أعلى الخريطة

ولما كان معظم صنّاع الخرائط في العصور القديمة والوسطى يوجهون خرائطهم نحو الاتجاه المهم بالنسبة لهم ، فمن الطبيعي أن يكون الجنوب هو أهم اتجاه بالنسبة للعرب والمسلمين كافة ، إذ أنهم يطلون من خلاله نحو مكة المكرمة (لاحظ أن معظم مراكز العلم مثل بغداد ودمشق كانت تقع في الأجزاء الشمالية من الدولة الإسلامية) .

خرائط بورتولان البحرية : Portolan charts . وفي أواخر القرن الثالث عشر بدأ تطور رئيسي في تاريخ الكرتوجرافيا ، تمثل في إنتاج خرائط بحرية تعرف باسم خرائط « بورتولان » ، وذلك بمساعدة آلة جديدة هي البوصلة البحرية التي انتشر استخدامها في أوروبا منذ ذلك الوقت . وتظهر على هذه الخرائط سواحل البحر الأسود والبحر المتوسط وجنوب غرب أوروبا بشكل دقيق . على أن هذه الخرائط لم تظهر تفاصيل الأراضي الداخلية ، كما ظل ينظر إلى الأرض على أنها مستوية : وقد تم رسم معظم هذه الخرائط بواسطة رسامين من إيطاليا (خاصة من جنوة) ومن قطلونيا . ويتصل بهذا النوع من الخرائط مجموعة من خرائط العالم ، عُرف أحسنها باسم « الأطلس القطلوني » Catalan atlas — أو خريطة العالم القطلونية — في سنة ١٣٧٥ . ولا ترجع أهمية هذا الأطلس إلى كونه تصويراً دقيقاً للسواحل فقط ، وإنما لأنه أضاف معلومات كثيرة عن آسيا — خلال المعلومات التي استخلصت من سجلات الرحالة والمسافرين في القرنين الثالث عشر والرابع عشر (ومنهم ماركو بولو) .

وكان الأطلس القطلوني عملاً كرتوجرافياً قام به أبراهام كريسكيز A. Cresques ، وهو يهودي عاش في بالما بجزيرة مايوركا — إحدى جزر البليار في غربي البحر المتوسط — وظل سنوات كثيرة يعمل في خدمة بيت الثالث ملك أراجون . بـ كرتوجرافي وصانع آلات الخرائط . وبعد سنة ١٣٩١ ، اشتغل ابنه (Jafuda) كصانع خرائط أحياناً في مدرسة هنري

الملاح المشهورة في سارجري Sargres بحوب البرتغال . وكان هذا عشية فترة
الكشف الجغرافية العظيمة التي بدأها ربانة السفن البرتغاليون .

٥ - تطور الخرائط في عصر النهضة :

شهدت الخرائط بعد ذلك في أوروبا نهضة كبرى بعد التدهور الطويل
الذي مرت به طوال العصور الوسطى ، إذ بدأت فترة تطورت الخرائط خلالها
تطوراً عظيماً ، ظل مستمراً حتى اليوم ، وكانت بداية هذه الفترة في عصر
النهضة الأوروبية . ويمكن أن نرجع هذه النهضة الكرتوجرافية إلى ثلاثة أسباب
رئيسية هي : (١) احياء « جغرافية » بطليموس ؛ (٢) استخدام الحفر والطباعة ؛
(٣) الكشف الجغرافية العظيمة .

ففي عام ١٤٠٥ ترجم كتاب بطليموس « الجغرافيا » من اليونانية إلى
اللاتينية ، وجاء ذلك نتيجة جهود الإيطاليين للدراسة تراث اليونانيين والرومان .
وبالنسبة لأوروبا ، فقد كان كتاب بطليموس في حكم المفقود منذ كتابته حتى
عصر النهضة ، وإن كان العرب قد حافظوا على هذا الكتاب . ومن خلالهم
دخلت أجزاء منه بشكل غير مباشر إلى أوروبا أثناء العصور الوسطى . وظلت
جغرافية بطليموس تؤثر في التفكير الجغرافي الأوروبي حتى نهاية القرن السادس
عشر - ولا شك أنها عاقت التقدم الكرتوجرافي خلال هذه الفترة ، وإن
كانت أخطأ . بطليموس بالنسبة لامتداد العالم هي التي شجعت كولبس على
القيام برحلته وكشفه للأمريكتين .

كما كان التطور الكبير الذي طرأ على وسائل الحفر والطباعة من أهم
أسباب تقدم الكرتوجرافيا خلال عصر النهضة . فقد كانت نسخ الخرائط
حتى ذلك العصر ترسم باليد ، ولكن باختراع الطباعة وتقدم فنها أصبح في
الإمكان إنتاج آلاف الخرائط بنفس اللوح الذي يتم حفر الخريطة عليه .

أما السبب الثالث لتطور الخرائط أثناء عصر النهضة فقد كان مثلاً في

الكشوف الجغرافية العظيمة التي أضافت الكثير عن امتداد العالم وصححت كل فروض صناعات الخرائط في هذا الخصوص .

ونتيجة لهذا التطور في صناعة الخرائط نشأت في أوروبا عدة مدارس لرسم الخرائط أثناء عصر النهضة ، وكان أولها المدرسة الإيطالية . فقد سائر تطور الخرائط هناك النهضة التي شملت بقية العلوم والفنون . وقد أدى إلى تطور صناعة الخرائط في تلك الفترة تمتع إيطاليا بمركز جغرافي ممتاز وسط العالم المتمدد وتقدم الملاحة بها ومشاركة ملاحيتها في الكشوف الجغرافية . وتعتبر خرائط بورتلان البحرية من أشهر الخرائط التي ظهرت في إيطاليا في ذلك الوقت ، كما طبعت جغرافية بطليموس لأول مرة في إيطاليا في مدينة بولونيا عام ١٤٧٧ ، كما ظهرت كثير من الخرائط لكل أجزاء العالم المعروف . ولكن إيطاليا التي كانت تتمتع بمركز تجاري ممتاز في حوض البحر المتوسط بدأت في القرن السادس عشر تفقد هذا المركز نتيجة تحول طرق التجارة الأوروبية من البحر المتوسط إلى المحيط الأطلنطي وطريق رأس الرجاء الصالح ، وما لبث أن تحول النشاط الكرتوجرافي إلى هولنده .

ويبدأ بعد ذلك عهد المدرسة الهولندية ؛ فقد ظهرت في هولنده في الفترة الممتدة من حوالي عام ١٥٧٠ إلى عام ١٦٧٠ مجموعة من أكبر صناعات الخرائط في العالم . وكانت صناعة الخرائط قد بدأت هناك في مدينة أنتويرب ثم انتقلت إلى أمستردام . وفي بداية القرن السابع عشر أخذت الخرائط في هولنده تخطو نحو القمة ، وتوسع الهولنديون في إنتاج الخرائط الكبيرة . ولم يقتصر الناشرون الهولنديون خلال ذلك القرن على مجرد إنتاج هذا العدد الكبير من الخرائط ولكنهم كانوا يصيدون طبع الخرائط عدة طبعات متتالية ، كما نشروها في عدة لغات أوروبية . وإذا كان الكرتوجرافيون الإيطاليون قد أحيوا الكرتوجرافيا الكلاسيكية ، فإن الكرتوجرافيين الهولنديين قد نقحوها وزادوا عليها ، بل وحرروها بالتأكيد من نفوذ بطليموس القوي . وكان مما ساعد على تفوق

المولنديين في هذا المجال ، هو بروز هولنده كقوة بحرية عظيمة ومركز تجاري ممتاز بين الدول الأوروبية ، وكذلك تكوين مستعمرات لها فيما وراء البحار - مما سهّل على صناع الخرائط فيها مهمة جمع المعلومات الدقيقة عن أطراف العالم . لكل هذا يعتبر عصر المدرسة الهولندية في الخرائط العصر الذهبي للكرتوجرافيا ، وظهرت فيه أسماء لامعة مثل جيراردوس مركاتور G. Mercator ، وأورتيليوس Ortelius ، وغيرهم من صناع الخرائط .

ويعتبر مركاتور (١٥١٢ - ١٥٩٤) بحق قمة الكرتوجرافيين الهولنديين ، فقد فحص الأعمال السابقة له وقام بكثير من الأبحاث المبتكرة ، وجمع كثيرا من المعلومات وقام برحلات كشفية ، وضمن كل ذلك في خريطته عن العالم والتي طبعت في عام ١٥٦٩ (شكل ٦) . وإذا قارنا هذه الخريطة بغيرها من خرائط العالم التي طبعت قبلها بمائة سنة ، فسوف نجد فارقاً عظيماً . فقد ظهرت شبه جزيرة الهند على خريطة مركاتور بشكلها الصحيح (وإن كانت أصغر من الواقع بكثير) ، كذلك نحدد موقع سيلان بدقة ، وظهرت أمريكا الشمالية



(شكل ٦) خريطة العالم للكرتوجرافي مركاتور (١٥٦٩ م) .

بدرجة معقولة من الإتقان ، كما بدأت أمريكا الجنوبية تأخذ شكلها الصحيح . ولكن شهرة مركيتور ترجع إلى مسقط الخرائط المعروف باسمه — مسقط مركيتور الذي لا يزال حتى الآن يتمتع بثقة كبيرة بين الملاحين . وفي سنة ١٥٨٥ ظهر أعظم إنتاج لمركيتور ، ممثلاً في الجزء الأول من أطلسه العظيم . وكانت كلمة « أطلس » قد ظهرت لأول مرة في هذا العمل وقصد بها مركيتور مجموعة من الخرائط . ثم توالى بعد ذلك ظهور الجزء الثاني ثم الثالث من هذا الأطلس ، الذي طبع ما لا يقل عن خمسين طبعة . وظهرت أيضاً خرائط كثيرة وأطالس أخرى للكروتوجرافيين الهولنديين . نتيجة قيام عديد من بيوت النشر التي أغرقت أوروبا بفيض من الخرائط ونماذج الكور الأرضية . على أن الناحية التجارية طغت على الناحية العلمية ، فحل الكم محل الكيف ، وانتهى الأمر بأن سلّم الرسامون الهولنديون القيادة إلى الفنانين الفرنسيين . وبتوالي السنين بعد ذلك ، وبظهور مدارس أخرى ، لم تعد للمدرسة الهولندية أي أهمية .

أما في فرنسا ، فقد أسس نقولا سانسون N. Sanson (١٦٠٠ — ١٦٦٧) المدرسة الكروتوجرافية الفرنسية ، وكان قد تأثر بالمدرسة الهولندية . وقد أجدت جهوده إلى انتقال مركز إنتاج الخرائط في العالم من هولنده إلى فرنسا منذ منتصف القرن السابع عشر . وقد واصلت أسرة سانسون حمل رسالته في الخرائط من بعده ، وهي تعد أشهر أسرة عملت في الخرائط ، وقد نشرت مجموعة كبيرة من الأطالس والخرائط وخرائط الطرق والأنهار في فرنسا . وكذلك مجموعة كبيرة من الخرائط التاريخية .

كما يرجع تاريخ المدرسة الانجليزية إلى الربع الأخير من القرن السادس عشر . ولكن التطور الأخاذ للكروتوجرافيا الانجليزية قد حدث أثناء الفترة الإليزاباثية Elizabethian p. ، ممثلة في أعمال ساكستون Saxton وسبيد Speed المنشآن الحقيقيان للمدرسة الانجليزية ؛ فقد أنتج ساكستون أطلساً بارزاً وأضاف خريطة بمقياس كبير (بوصة لكل ٨ ميل) لإنجلترا وويلز في

عشرين لوحة. أما سييد فقد دفع بأعمال ساكستون إلى الأمام ونشر في سنة ١٦١١ « أطلس امبراطورية بريطانيا العظمى » ، وهو أطلس عظيم طبع ١٤ مرة حتى نهاية القرن الثامن عشر . أما إدموند هالي E. Halley فقد أتم الفصل المجيد في كرتوجرافيا القرن السابع عشر الإنجليزية بخرائطه المتيورولوجية وخرائط الانحراف المغنطيسي .

أما المدرسة الألمانية فقد برز كرتوجرافيوها منذ القرن السادس عشر ، وصنعوا كثيراً من نماذج الكرة الأرضية وخرائط لوسط أوروبا ، ومن أشهر هؤلاء سبستيان مونستر S. Munster الذي كتب جغرافية العالم والكوزموجرافيا .

هكذا نرى أن رواد عصر النهضة قد « بسطوا » إطار خريطة العالم ، ولكن كانت تنقصهم تفاصيل المحيط الهادي . وكانت معرفتهم عن ظاهرات سطح الكتل الأرضية ضئيلة ، ومع ذلك فقد أضافوا معلومات قيمة للطبعات الكثيرة للجغرافية بطليموس . وأثناء القرن السادس عشر ، أظهر عدد من الفلكيين الرياضيين وكذلك الكرتوجرافيين والكوزموجرافيين ، إهتماماً واضحاً بالخرائط الطبوغرافية ، ولكنهم فشلوا في حل مشكلة توضيح التضاريس — وذلك من حيث التمثيل الصحيح لدرجات الإنحدار ، والارتفاعات فوق مستوى سطح البحر . فلم يستطيعوا رسم اختلافات السطح من أودية وتلال وهضاب ، ولكن هذا التقدم جاء فيما بعد نتيجة جهود عمليات المساحة القومية والرسمية التي بدأت في أواخر القرن الثامن عشر والقرن التاسع عشر .

٦ - عصر الإصلاح والتجديد :

إمتد هذا العصر طوال فترة القرنين الثامن عشر والتاسع عشر . وكان فجر القرن الثامن عشر قد بزغ بآمال عريضة وتطلعات جديدة ، وتطلب الأمر إصلاح الخرائط وتغيير أسلوب الكرتوجرافيا بهدف تجديدها وتحديثها . وكانت دوافع ذلك كثيرة ، منها : تطور أدوات وآلات الملاحة والمساحة والتي أضافت الكثير إلى دقة الخرائط ، كذلك أدت حركة الارتباد والكشف

إلى ملء الأجزاء الداخلية التي كانت مجهولة من قبل سواء في الأقطار أو القارات ؛ كما أكد قيام القوى البحرية وجنون بناء الإمبراطوريات الحاجة الملحة لتوافر خرائط دقيقة . لكل ذلك شهد القرن الثامن عشر بداية حركة تصحيح الخرائط وتنقيحها مما شابها من أخطاء استمرت ملازمة لها قروناً بطولها .

وكان مركز انتاج الخرائط قد انتقل - كما ذكرنا - من هولندا إلى فرنسا التي نجحت أثناء ذلك القرن في صناعة خرائط علمية . وكانت الأكاديمية الفرنسية منذ نشأها (في النصف الثاني من القرن ١٧) قد أخذت على عاتقها المشكلة الأساسية الخاصة بقياس خطوط الطول ، فقامت قوس خط الطول ، وعن طريق المساحة بشبكة المثلثات triangulation ، بدأت توقع بشكل دقيق خطوط سواحل فرنسا . ولما لوحظ أن هناك اختلافات في طول الدرجات على امتداد خط الطول ، فقد أثار هذا مسألة الشكل الصحيح والدقيق للأرض ، ومن ثم أرسلت البعثات خلال النصف الأول من القرن الثامن عشر إلى بيروت وشمال اسكتلندا (في منطقة اللاب Lapland) لقياس أقواس خطوط طول أخرى . وقد انتهت هذه القياسات بتقرير حقيقة أن نصف القطر القطبي أقصر من نصف القطر الاستوائي .

وقام الكرتوجرافيون الفرنسيون برسم عدة خرائط للعالم ، وسلسلة من الأطالس لخرائط المدن والحصون ، وذلك من سنة ١٧٤١ حتى سنة ١٧٧٩ . وكان كاسيني C.F. Cassini من ألمع أولئك الكرتوجرافيين ، فقد بدأ عمليات المساحة بشبكة المثلثات في سنة ١٧٤٤ ، وتمخضت جهوده الباسلة التي استمرت أربعين عاماً عن خريطة طبوغرافية دقيقة لفرنسا في ١٨٢ لوحة . ولكن بنهاية القرن الثامن عشر كانت فرنسا قد فقدت مركزها الأول لصالح إنجلترا - وإن ظلت فرنسا تالية لها مباشرة .

وإذا كان النصف الأول من القرن الثامن عشر قد شهد الكرتوجرافيا

الفرنسية وهي في قمة مجدها ، فإن النصف الثاني من ذلك القرن كان يمثل العصر الذهبي للكرتوجرافيا الإنجليزية . فقد تدفق كثير من الكرتوجرافيين الأجانب المشهورين (ومنهم فرنسيين) على إنجلترا ، وأصبحت لندن « مصنعا » ضخماً للخرائط – حتى الخرائط الأمريكية الهامة كانت تطبع في لندن . وقد وجدت إنجلترا كرتوجرافيا ممتازا هو « جون روكي John Rocque » ، الذي نشر خريطة كبيرة المقياس لمدينة لندن في ٢٤ لوحة ، سنة ١٧٤٦ . كما نشر خرائط أخرى متعددة للمدن والقلاع . وكان هناك رسامون مشهورون غيره مثل الانجليزي « جيمس رينل » الذي أنتج أول خريطة نموذجية للهند في سنة ١٧٨٣ . وكانت مصلحة المساحة البريطانية Ordinance Survey قد أنشئت في سنة ١٧٩١ ، وبها بدأ عهد جديد في تاريخ الكرتوجرافيا الإنجليزية منذ بداية القرن التاسع عشر .

كارتوجرافيا القرن التاسع عشر : خطت الكرتوجرافيا خلال ذلك القرن خطوات كبيرة إلى الأمام ، وكان ذلك بفضل عوامل أخرى كثيرة . نأخص أهمها فيما يلي :

(١) نشأة عمليات المساحة المنظمة التي تشرف عليها الحكومات ، وقد تركزت هذه العمليات في الدول الأوروبية بصفة خاصة وبعض الدول الأخرى كالحند واليابان والولايات المتحدة وكندا ثم مصر في السنوات الأخيرة من ذلك القرن . وفي النصف الثاني من القرن التاسع عشر كان جزء كبير من أوروبا قد غطى بالخرائط الطبوغرافية . ويرجع الفضل في تقدم هذه العمليات المساحية إلى التقدم الكبير الذي طرأ على أجهزة المساحة في العصر الحديث . وبخاصة أجهزة التيودوليت theodolite ، وهو أساساً عبارة عن تلسكوب قوي يتصل بدائرتين مقسمتين إلى درجات ، إحداها أفقية والأخرى رأسية ، وهو بذلك يستخدم في قياس الزوايا الأفقية بين نقطتين مرئيتين مساحياً قياساً دقيقاً ، وقياس الزوايا الرأسية حيث يستخدمها المساح لحساب الاختلافات في الارتفاع .

(٢) أدى ابتكا طرق جديدة في الطباعة خلال النصف الثاني من القرن التاسع عشر إلى تحول عظيم في عملية إصدار الخرائط وسهولة انتاجها ؛ ففي سنة ١٧٩٨ ابتكرت في ألمانيا طريقة الطباعة الليثوغرافية Lithography (الطباعة على الحجر) . وبذلك سهلت الطباعة الليثوغرافية الملونة توقيع عديد من التفاصيل بالألوان المختلفة وبشكل واضح ، كما أمكن بواسطة هذه الطريقة طبع الخرائط على أوراق عادية رخيصة الثمن ، ومن ثم تخلصت الخرائط من عملية الطبع الشاقة التي تتم على ألواح النحاس المحضرة .

(٣) شهدت الكرتوجرافيا في بداية القرن التاسع عشر حدثاً مهماً يتصل بعملية توحيد القياس ، وهو انشاء النظام المتري وتحديدده . فقبل ذلك الوقت كان يعبر عن مقياس رسم الخريطة بوحدات القياس المحلية كالباردة والميل الانجليزي ، أو الفيرست versets الروسية ، أو التويس toises الفرنسية ؛ ولم تكن العلاقة معروفة بالدقة بين كل وحدة وأخرى من هذه الوحدات القياسية . ولكن بتحديد « المتر » كجزء من عشرة ملايين جزء هي عبارة عن طول مسافة القوس من خط الاستواء إلى القطب (أي ربع محيط الكرة الأرضية) ، كما حُسب حينذاك . فقد أتاح ذلك وحدة قياس ثابتة يمكن استخدامها دولياً . ومنذ ذلك الوقت ، أصبح يُعبر عن مقياس رسم الخرائط بنسبة أو كسر بياني (مثلاً مقياس ٢٥٠٠/١ يعني أن أي وحدة قياس على الخريطة يقابلها ٢٥٠٠ من نفس الوحدة على الأرض) . ومن ثم ، أصبح تحويل مقياس الرسم سهلاً ميسوراً ، ما دامت هذه النسبة مستقلة عن أي نوع من الوحدات القياسية ، وقد شجع هذا على كثرة انتاج الخرائط وتداولها بين أقطار الأرض المختلفة .

(٤) مكّن انتاج الخرائط الطبوغرافية لكثير من جهات الأرض إلى تصغير هذه الخرائط واصدارها في شكل أطالس . لذلك تميزت كرتوجرافيا القرن التاسع عشر بظاهرة التوسع الكبير في إنشاء الأطالس ، التي ساهمت في خدمة تعليم الجغرافيا ، وفي مجال الإدارة والحكم .

كما نلاحظ في هذه الفترة أن العلم أخذ يتفرع إلى عدد من التخصصات والميادين المنفصلة ، الأمر الذي أدى إلى تطور علوم طبيعية معينة تتصل بتوزيعات ظاهرات أرضية معينة ، مثل علوم الجيولوجيا والنبات والحيورولوجيا ، وكذلك مجموعة علوم أخرى نسميها بصفة عامة العلوم الاجتماعية ، مثل علم الاجتماع والسياسة والاقتصاد والجغرافيا وغيرها . كل هذه العلوم احتاجت للخرائط في دراساتها . وكان لها أثر هام على إنتاج الخرائط الصغيرة المقياس والتي تتضمن توزيعات مختلفة .

هكذا كانت عوامل تقدم الكرتوجرافيا خلال القرن التاسع عشر . وكانت المساحة البريطانية قد نشرت أول لوحة من خرائطها الطبوغرافية بمقياس بوصة للميل في سنة ١٨٠١ . وواجهتهم في نفس الوقت مشكلة تمثيل أشكال سطح الأرض ، ولكن بسرعة طوروا أشكال خطوط الهاشور hachure وخطوط الكتور لتمثيل هذه الأشكال التضاريسية . ثم توالى بعد ذلك ظهور الخرائط الطبوغرافية والجيولوجية ، وظهرت أيضا مجموعة من الأطالس ، أقدمها أطلس كاري Cary « الأطلس الانجليزي الجديد والصحيح » - الذي يرجع تاريخ نشره إلى سنة ١٧٨٧ - وظهرت منه عدة طبعات . كما ظهرت له أطالس أخرى جديدة مثل « الأطلس العالمي الجديد » New Universal Atlas في سنة ١٨٠٨ . أما بعد كاري ، فقد ظهرت أسماء أخرى مشهورة في تاريخ كرتوجرافيا التاسع عشر بانجلترا ، مثل بارثولمييو Bartholomew ، وأرو سميث Arrow Smiths ، ثم جونستون .

أما في الدول الأوروبية الأخرى ، فقد كان في ألمانيا القرن التاسع عشر جغرافيون ممتازون مثل همبولت Humboldt . وراتزل ، ووير ، وبينك . وبفضل هؤلاء وغيرهم أصبحت ألمانيا أنشط دولة في إنتاج الخرائط . وعاش في ذلك القرن ثلاثة من صناع الخرائط الألمان ، هم : بيرجايوس Berghaus ، كيبيرت ، وبيتمان . وقد نشروا الكثير من الأطالس والخرائط المشهورة ، كما يرجع الفضل للألمان أيضا في ابتداء الطرق العلمية لتمثيل التضاريس . وفي

نهاية ذلك القرن أنتج الألمان خمسة نماذج تضاريسية كبيرة المقياس للجبال الألب . وهنا ينبغي أن نشير أيضا إلى الأطالس الفرنسية المعاصرة ، مثل أطلس فيندال دي لبلاش ، وسانت مارتن ، التي استطاعت أن تقف على قدم المساواة مع الإنتاج الألماني .

ثم توجت نهاية القرن التاسع عشر بإنتاج بعض الأطالس القومية العظيمة ، مثل أطالس فرنسا وفنلندا والسويد واسكتلندا وتشيكوسلوفاكيا . كما حققت مصلحة المساحة الجيوديسية بالولايات المتحدة الأمريكية إنجازات عظيمة مماثلة . أما أعظم إضافة أمريكية ، فقد تمثلت في الخريطة الأمريكية التي عرفت باسم « الخريطة الفزيوغرافية Physiographic map » ، التي أنشأها ولسم ديفز W.M. Davis ، وطورها بعد ذلك لوبك A. Lobeck وإيروين رويس E. Raisz وزملاؤهما .

ويبدأ القرن العشرون . وتبدأ معه مرحلة جديدة في علم الكرتوجرافيا ، ولكنها مرحلة بارزة لم تشهد الكرتوجرافيا مثيلاً لها طوال تاريخها الطويل . ونظراً لأهمية هذه المرحلة ، فقد خصصنا لدراستها فصلاً مستقلاً ننتقل إليه الآن .

(أنظر قائمة المراجع في نهاية الفصل الثاني) .

الفصل الثاني

الكروتوجرافيا في القرن العشرين .

لقد شهد القرن العشرون ثورة هائلة في صناعة الخرائط . فقد خاقت الحربان العالميتان - بتهدداتهما الحقيقية والمحتملة فوق جهات الأرض المختلفة - دوافع ملحة وتحديات جديدة للكروتوجرافيا . إذ تطابت العمليات الحربية لكل قطاعات الجيوش - برية وبحرية وجوية - الكثير من الخرائط ، بل أدق وأحسن الخرائط . وبالتالي ارتفع انتاج الخرائط إلى مدى مذهل . فمثلاً ، قد لا نصدق أن عمليتين فقط من عمليات الغزو التي حدثت أثناء الحرب العالمية الثانية ، وهما جبهتنا شمالي إفريقيا وساحل نورماندي بفرنسا ، قد استخدمتا نحو ٨٠ (ثمانين) مليون خريطة بلغ مجموع وزنها ٣,٩٩٠ طناً .

وحتى إذ تركنا خرائط الحرب جانباً ، نستطيع أن نؤكد أن انتاج وعدد الخرائط الأخرى المستخدمة في الأغراض المدنية أثناء السبعين سنة التي خلت من سنوات القرن العشرين ، يزيد بكثير عما أنتجه الإنسان من خرائط طوال كل عصور تاريخه السابقة .

الواقع أن العصر الذي نعيش فيه يعتبر فريداً في أهميته بالنسبة للكروتوجرافيا والخرائط بصمة خاصة ، سواء من حيث الكم أو الكيف . هو عصر لا يزال يخلق دوافع أكثر لنشاط كروتوجرافي أعظم ، ليس على المستوى القومي فحسب

ولأنما على المستوى الدولي أيضا . وبصرف النظر عن الإنتاج الرائع في ميدان الخرائط الكرتوجرافية لكثير من دول العالم ، فهناك اليوم في كل الدول المتقدمة - وكثير من الدول النامية - مشاريع كرتوجرافية طموحة لإنتاج خرائط متنوعة في ميدان التخطيط الطبيعي والإقليمي ، لكي تزود هذه الدول بدراسات تفصيلية عن أنماط استخدام الأرض ، وأنماط توزيع السكان ومراكز العمران وغيرها من أنماط توزيع الظواهر الاجتماعية والاقتصادية . ومن شواهد ذلك « الأطلس السوفيتي العظيم Grand Soviet Atlas » الذي طبع سنة ١٩٣٧ ، ثم ظهرت منه طبعات جديدة منقحة ، وكذلك جهود البريطانيين والأمريكيين واليابانيين المماثلة في هذا الصدد . ومن أمثلة ذلك أيضا خرائط استخدام الأرض land-use البريطانية التي بدأت لوحاتها الأولى في الظهور سنة ١٩٣٣ ، ثم مساحة استخدام الأرض الثانية في بريطانيا التي بدأت منذ سنة ١٩٦٠ .

كما شهد القرن العشرون أيضا قيام مشروع خريطة العالم الدولية International map بمقياس ١/ مليون، والذي تقرر في المؤتمر الجغرافي الدولي الذي انعقد في باريس سنة ١٩١٣ . ورغم ظهور كثير من لوحات هذه الخريطة الدولية، إلا أن المشروع - مع الأسف - لم يتقدم بخطى مطردة، وذلك بسبب المنازعات الدولية، وبخاصة الحريين العالميتين، واستمرار التوتر العالمي الناشئ عن الحرب الباردة والساخنة وكذلك انقسام العالم إلى كتل أيديولوجية مختلفة . والواقع أننا لا نستطيع أن نعدد هنا كل مظاهر التقدم الرائع الذي حققته الكرتوجرافيا فيما انقضى من سنوات القرن العشرين . ولكن يحسن أن نعرض فيما يلي العوامل التي ساعدت على هذا الإنجاز العظيم .

عوامل تقدم كرتوجرافيا القرن العشرين

هناك في الحقيقة عوامل عديدة ساعدت على تقدم كرتوجرافيا القرن

العشرين ، يمكن تصنيفها إلى مجموعتين . وتمثل المجموعة الأولى في الدوافع الأساسية التي فرضت على الكرتوجرافيا أن تطور نفسها لكي تقابل الاحتياجات العديدة والمتنوعة من الخرائط الدقيقة ، والتي تطلبتها ظروف الحربين العالميتين ، وتطور أساليب البحث في العلوم المختلفة ، وتطور نظم الحكم والإدارة ، وكذلك التخطيط العلمي الذي أخذت بأسلوبه معظم دول العالم .

أما المجموعة الثانية فهي مجموعة العوامل الفنية التي أدت إلى كل هذا التقدم في ميدان الكرتوجرافيا ، والذي دعت إليه مطالب المجموعة الأولى من هذه العوامل . وما يهمنا هنا هو أن نستعرض هذه العوامل الفنية .

١ - تطور طرق طبع ونشر الخرائط :

من المفيد هنا أن نلم بطرق طبع الخرائط ونعرف تطورها حتى وصلت إلى أساليبها الدقيقة المعاصرة . فبعد اختراع الطباعة في عصر النهضة بأوروبا ، ابتكر أسلوب الحفر على النحاس copper engraving لطبع الخرائط ونشرها . يجتليخص هذا الأسلوب في حفر تفاصيل الخريطة على لوح من النحاس باستخدام أدوات خاصة بالحفر ، حتى أنه حين يغطي اللوح بالحبر ثم يمسح ويصبح نظيفا ، يظل الحبر في الشقوق المحفورة فقط لكي ينطبع على ورقة حين نضغطها على اللوح النحاسي . والعيب الرئيسي للوح النحاسي هو ليونته ، حتى أن عدداً قليلاً نسبياً من النسخ يمكن طبعه قبل أن تبدأ الخطوط الدقيقة في التلوث (الشلطة) . ولكن ميزة لوح النحاس هو إمكان تنقيح وتصحيح الخريطة المحفورة بسهولة ، وذلك بطرق سطح اللوح ثم إعادة الحفر . ولهذا السبب لا تزال بعض هيئات إنتاج الخرائط تستخدم هذه الطريقة (مثل خرائط الأدميرالية البريطانية) ، وإن كان اللوح المحفور في هذه الحالة يستخدم لعمل نسخة واحدة ، تطبع منها نسخ بعد ذلك بالطريقة الليثوغرافية التي ستنقل إليها الآن .

وفي السنوات الأخيرة من القرن الثامن عشر (١٧٩٨) ابتكر الألمان

طريقة الطباعة الليثوغرافية (الطباعة على الحجر) ، وملخصها أن الخريطة ترسم بالشكل العكسي — كما تظهر في المرآة — بحبر شمعي على لوح من الحجر الناعم ، وعندما يمر الحجر على حبر الطباعة فسوف يلتصق الحبر بالخطوط المرسومة فقط ويظهر على الورق الذي يضغط على لوح الحجر .

ورغم أن الطباعة على الحجر كانت أرخص وأسهل كثيراً من طريقة الحفر في طبع وانتاج نسخ الخرائط ، فقد ظلت هذه الطريقة فنية بدرجة عالية وتطلبت مهارة فائقة . ولهذا تطورت من هاتين الطريقتين في طبع الخرائط ، طرق أخرى في أواخر القرن التاسع عشر أسهل وأرخص نسبياً في انتاج الخريطة الأصلية على أي نوع من الورق ، وأهم هذه الطرق الجديدة هي : ١ — الطبع الفوتوغرافي photolithography (أي طريقة اقتران التصوير الفوتوغرافي بالعملية الليثوغرافية) . ٢ — طريقة الحفر الفوتوغرافي photoengraving .

ففي الطريقة الأولى ، تُصور الخريطة المرسومة على الورق فوتوغرافياً إلى الحجم المطلوب ، ثم تُبسط الصورة السالبة negative على لوح حساس من الزنك أو الألومنيوم . وبعد غسيل اللوح الحساس تظل الصورة عليه (وتعالج كيميائياً لكي تثبت) ، وتكون قابلة للحبر الشمعي . وبينما تكون المساحات المصورة قابلة للحبر ، نجد المساحات الخالية (التي ليس بها خطوط أو رسوم) طاردة للحبر ، وذلك يجعلها مبللة بالماء . وبعد ذلك يقوس اللوح على اسطوانة مطبعة رحوية (دوارة) ، فتنقل الصورة المحبرة إلى اسطوانة من المطاط ، ومن هذه إلى ورق الطباعة الذي ستظهر عليه نسخ الخريطة الأصلية . وبهذه الطريقة يمكن طبع الخرائط بسرعة عظيمة (حتى ١٠,٠٠٠ نسخة في الساعة) . وفي حالة طبع الخرائط الملونة ترسم أولاً نسخ منفصلة لكل لون ثم تطبع بحيث تتوافق فوق بعضها في النهاية . وتستخدم هذه الطريقة أساساً في طبع لوحات الخرائط التي تصدرها الهيئات الحكومية ، وإن كان استخدامها قد أخذ ينتشر في طبع الخرائط الأخرى الصغيرة المقياس . وهذه

هي الطريقة أفادت كرتوجرافيا القرن العشرين فائدة عظمى ، وأنتجت ملايين الخرائط الطبوغرافية الملونة .

أما الخرائط والرسوم البيانية التي تظهر في الكتب والمجلات الدورية فعادة ما يتم انتاجها بالطريقة الثانية - الحفر الفوتوغرافي . فالخريطة هنا تنقل فوتوغرافيا إلى لوح معدني ، وتقوى خطوط الصورة باستخدام مادة راتنجية مقاومة للأحماض ، أما المساحات بين الخطوط فتحفر بواسطة الجملض . ثم يثبت اللوح في قطعة من الخشب ، بحيث يكون سطح الصورة على نفس ارتفاع حرف الطباعة ، وهذا هو ما يعرف باسم « اكليشيه » عند رجال المطبعة .

ب - المساحة الفوتوجرامترية : Photogrammetry

يعني مصطلح « فوتوجرامتري » : علم القياس من الصور الجوية . وبالتالي يعني مصطلح المساحة الفوتوجرامترية : انشاء الخرائط الطبوغرافية من الصور الجوية المأخوذة رأسياً من طائرة متحركة . وهذا فرع جديد في كرتوجرافيا القرن العشرين ، وقد حقق خطوات رائعة في السنوات الأخيرة ، ولا زال يدخر الكثير في كرتوجرافيا المستقبل . فقد استطاع الكرتوجرافيون باستخدام هذا الأسلوب الجديد أن يرسموا الخرائط الطبوغرافية لأوعر جهات الأرض وأصعبها مثلاً بالنسبة لوسائل المساحة الأرضية - وهي الأسلوب التقليدي في عمليات المسح الطبوغرافي ورسم الخرائط الناتجة عنه .

والواقع أن تاريخ التصوير الجوي يرجع إلى النصف الثاني من القرن التاسع عشر . ففي سنة ١٨٥٨ نجح الكرتوجرافي الفرنسي « جاسبارد تورناكون G. Tournachon » في إلتقاط صور فوتوغرافية من بالون على ارتفاع بضعة مئات من الأقدام ، وأنتج منها خريطة طبوغرافية لقرية قرب مدينة بازييس . وقد كان الأمريكيون في الحرب الأهلية سنة ١٨٦٢ أول من عرفوا

قيمة الصور الجوية المأخوذة من البالونات في الاستطلاع الحربي ، ثم تبعهم الروس بعد ذلك في سنة ١٨٨٦ . ولكن بالرغم من هذه التجارب المبكرة ، فلم يلعب التصوير الجوي دوراً هاماً في المسح الطبوغرافي إلا بعد اختراع الطائرة قبيل نشوب الحرب العالمية الأولى بقليل ؛ فقد أتاحت الطائرة أنسب الظروف التي يمكن أن تعمل فيها آلة التصوير (الكاميرا) الجوية . ومع ذلك ، فقد كان على الخرائط الطبوغرافية الدقيقة أن تنتظر نتائج المحاولات العديدة التي بُدلت لتطوير آلات التصوير وإنتاج كاميرات مناسبة للظروف الجديدة .

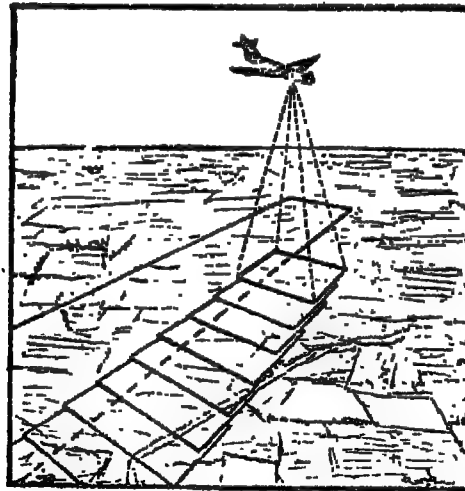
وهكذا اتضحت تماماً القيمة الكاملة للتصوير الجوي في الاستطلاع الحربي أثناء الحرب العالمية الأولى . وحدث تقدم عظيم منذ ذلك الوقت في دراسة أساليب القياس الفوتوغرافي ، وفي التوفيق بينها وبين رسم الخرائط الطبوغرافية . كما نشرت أثناء هذه الفترة مئات المقالات في المجلات والدوريات العلمية ، وكانت كلها تهدف إلى توضيح قيمة التصوير الجوي في كثير من الميادين العلمية المهمة بدراسة أنماط سطح الأرض وتوزيعاتها الجغرافية ؛ مثل علوم الزراعة والآثار والبيئة الطبيعية (الإيكولوجيا) ، وكذلك علوم الغابات ، والجغرافيا ، والجيولوجيا ، والتربة ، ثم علوم الهندسة والتخطيط الإقليمي .

فمن الممكن أن يكشف لنا التصوير الجوي Aerial Photography عن البقايا الأثرية وأنماطها ، والتي لا يظهر منها أي شكل في حالة رسم الخرائط الطبوغرافية من المساحة الأرضية . كما يستطيع علماء البيئة بمساعدة التصوير الجوي أن يقدروا أعداد الحيوانات البرية ؛ فمثلاً يمكن حساب عدد عجول البحر (الفقمة) المصوفة على كتلة جليد طافية ، وذلك بشكل دقيق يستطيع منه العلماء أن يحسبوا العدد الواجب ذبحه لكي يضمنوا مورداً غذائياً مناسباً للعدد الباقي في مثل هذه البيئات الصعبة ، وحتى لا تنقرض حيواناتها نتيجة عدم كفاية الغذاء . كذلك يمكن استخدام الصور الجوية في متابعة إنتشار واتجاه جبال الجليد الطافية icebergs ، وذلك لدراساتها بحيث نضمن سلامة طرق المرور بينها ، ولا تكون مهددة بها وخطرة على الملاحة . كما أكتشف

حديثاً أن الآثار الناجمة عن اصطدام النيازك meteorites بالأرض منذ ملايين عديدة من السنين ، تظهر بشكل متميز على الصورة الجوية كدوائر منتظمة كبيرة الحجم ؛ ولم يكن أحد من قبل يشبه في مجرد وجودها في الخرائط المرسومة من عمليات المساحة الأرضية . وهناك أيضاً استخدام عملي ومباشر للصور الجوية ، ويتمثل في دراسات التنبؤ الجوي الذي يستطيع المتيورولوجيون من خلاله أن ينبهوا في وقت مبكر - مثلاً - عن قرب حدوث بعض الكوارث الجوية ، ومن ثم يحدروا السكان لكي يخلوا عن منطقة معينة تهددها عاصفة من نوع عواصف الهيركان hurricane المخربة . وقد تلتقط مثل هذه الصور الجوية سواء من الطائرة أو من القمر الصناعي satellite .

كيفية التقاط الصور الجوية :

أصبحت معظم الخرائط الطبوغرافية والتفصيلية تُرسم في الوقت الحاضر من الصور الجوية . والصور الفوتوغرافية الجوية هي صور رأسية vertical



(شكل ٧) من سلسلة الصور الفوتوغرافية المأخوذة من الجو ، يمكن رسم خريطة لمنطقة كبيرة في جزء يسير من الوقت الذي تتطلبه المساحة الأرضية .

تلتقط مباشرة إلى أسفل من طائرة متحركة . وتتلخص عملية الالتقاط في أن كل صورة تالية تغطي حوالي ٦٠ / من الصورة السابقة لها - أي أن تلتقط سلسلة من الصور التي تراكب أو تتداخل في بعضها البعض ، وذلك بهدف انتاج صور مزدوجة في النهاية . وتبدأ العملية بأن تطير طائرة مزودة بآلة التصوير فوق منطقة معينة بحيث يغطي طيرانها سلسلة من الأشرطة الأرضية المتوازية ، بحيث يتداخل كل شريط في الشريط السابق له وهكذا حتى يتم تغطية كل المنطقة المراد تصويرها جويًا (أنظر شكل ٧) .

وقد عرفنا أن الغرض من هذا التراكب أو التداخل هو انتاج صور مزدوجة ، وحين نضع كل صورتين مزدوجتين (صورتان لمنظر واحد) بطريقة معينة في جهاز صغير يسمى جهاز التجسيم أو « ستيريو سكوب Stereoscope » ^(١) ، فسوف نشاهد منظرًا مجسمًا لهذه المنطقة إذ تبدو التلال والأودية على شكل نموذج طبيعي بأبعاده الهندسية الثلاثة - وبالتالي يمكن أن نُوقع خطوط الكتور من هذه الصور المجسمة .

ولكي تحول الصور الجوية إلى خريطة طبوغرافية دقيقة تظهر عليها ظاهرات سطح الأرض الطبيعية (كخطوط الكتور التي تبين أشكال سطح الأرض من تلال وهضاب ووديان) وكذلك الظاهرات البشرية (كراكز العمران والطرق والترع ...) ، توضع الصورتان المزدوجتان في نوع كبير ودقيق من أجهزة التجسيم ، يسمى Stereo-plotter ، بحيث تظهر فيه صورة المنظر الأرضي مجسمة بأبعادها الثلاثة ، وبواسطة نقطة سوداء تتحرك على شاشة المنظر ، يمكن للرسم المتبرن أن يتتبع دقائق الصورة وخطوط

(١) يتكون أبسط أنواع هذا الجهاز من عدستين ، المسافة بينهما هي نفس المسافة بين عيني الإنسان ، وحين ننظر من خلالهما إلى صورتين مزدوجتين لنفس المنظر الأرضي ، نراه مجسمًا بأبعاده الثلاثة . وقد نشأ هذا التأثير المجسم نتيجة إلتقاط الصورتين من زاويتين مختلفتين إختلافًا طفيفًا . ويحتوي النموذج المقدم من هذا الجهاز على مناظير مزدوجة ، وهو يستخدم في رسم الخرائط الدقيقة من الصور الجوية .

الكتور ، وبالتالي يحول الصورة المجسمة إلى شكل تخطيطي (هو الخريطة) على لوحة الورق .

هذه باختصار طريقة تحويل الصور الجوية إلى خرائط تفصيلية دقيقة ، وهذا لإنجاز ضخّم شهدته الكرتوجرافيا في القرن العشرين . على أن هذا ليس بالأسلوب الوحيد الذي يمكن أن نستفيد به من الصور الجوية . فمن الممكن أيضا أن نستخدم الصور الجوية مباشرة في صنع الخريطة ؛ فحينما نوفق الصور الجوية مع بعضها البعض ، يمكن بواسطة شف تفاصيلها المهمة أن نرسم صورة صحيحة لخريطة تفصيلية plan لمنطقة كبيرة . أو لمنطقة المدينة وما حولها (شكل ٨) . وقد سبق أن أشرنا إلى المدى الذي يمكن أن نستفيد منه من الصور الجوية في مجالات العلوم المختلفة ؛ فهي تزودنا بمعلومات كثيرة عن التربة والنباتات الطبيعية والزراعة والصخور والآثار وغيرها من مظاهر وظواهرات سطح الأرض .

والواقع أن الحرب العالمية الثانية ، منذ نشوبها في سنة ١٩٣٩ ؛ قد أعطت قوة دافعة جديدة في مجال استخدام التصوير الجوي . وبخاصة في المخابرات العسكرية . فقد أعدت الدول المعنية مئات الرجال والنساء لهذا العمل الضخم منذ قيام هذه الحرب ، ودربتهم على أساليب تفسير الصور الجوية . كما أدخلت تحسينات محسوسة في كاميرات التصوير وأجهزة التجسيم وأشرطة الأفلام . وقد حدث تطور هائل في مجال التصوير الجوي خلال الثلاثين سنة تقريبا التي انقضت منذ انتهاء الحرب العالمية الثانية . فقد استُخدم التصوير الجوي في مسح مناطق الباطن النامية والمتخلفة ، وتم إنجاز عمليات المسح هذه بصورة أسرع وأرخص مما هو الحال في عمليات المساحة الأرضية . وقد ساعد هذا كثيرا في تقييم موارد مثل هذه المناطق ، وأتاح رسم سياسة تخطيطية متقنة لتطوير هذه الموارد وتنميتها . كما أن التطورات الحديثة في مجال التصوير الجوي ؛ قد مكنت من توسيع المنطقة الأرضية المراد مسحها جويا ، والمحصورة بين نقط محددة .



(شكل ٨) صورة جوية لمدينة بورت سودان - السودان

على أن التصوير الجوي له عيوبه أيضا وظروفه التي تجعله قاصراً في بعض النواحي . فبالرغم من أن التصوير الجوي قد عمل على زيادة ونمو المساحة الأرضية ، إلا أنه لا يمكن أن يحل محلها أو يلغها تماماً . فستظل هناك مناطق من الصغر بحيث لا نجد مبرراً لتكاليف مسحها جواً والتي ستكون في هذه الحالة أعلى بكثير من تكاليف المساحة الأرضية . كذلك ستجد مناطق أخرى

مجموعة بالنباتات، الطبيعية إلى الحد الذي يجعل تصويرها جويًا أمراً غير عملي .
أضيف إلى ذلك استحالة التصوير الجوي خلال السحب الكثيفة . وعلى أية
حال ، فكل عمليات المسح الجوي تحتاج أولاً إلى عمليات مسح أرضي
ينبغي القيام بها لضبط نقاط البدء والانتهاج في المسح الجوي ، وكذلك لمراجعة
تفاصيل المسح الجوي على الأرض نفسها .

وكما هو الحال في المساحة التي تستخدم اللوحة المستوية (البلاشيطة)
plane table ، يجب أن يكون هناك عدد معين من النقاط المحددة على
الأرض بواسطة المساحة الأرضية . ويجب أن تتحدد هذه النقاط بوضوح على
الأرض ، حتى يمكن توقيها بالضبط على الصور الفوتوغرافية . وبعد ذلك ،
يصبح من السهل توقيع التفاصيل إما من الصور الفوتوغرافية مباشرة ، أو
باستخدام آلات التجسيم الدقيقة مثل جهاز stereo-plotter . ويجب ألا يغيب
عن بالنا - على أية حال - أن ميزة التصوير الجوي تكمن أساساً في أننا
نستطيع عن طريقه أن نصور منطقة كبيرة جداً من الجو في خلال بضعة
أيام ، بينما قد يتطلب مسح هذه المنطقة بوسائل المساحة الأرضية بضعة
سنوات .

الأقمار الصناعية والتصوير الجوي :

أسفر التقدم العظيم في مجال علوم الفضاء والتكنولوجيا العلمية عن بدء
عصر الفضاء في سنة ١٩٥٧ . وأطلق خلال السنوات العشرة التالية أكثر من
٥٠٠ قمر صناعي إلى مدارات حول الكرة الأرضية . وكان من أهم نتائج
هذا الانجاز العظيم ، تلك الثورة العلمية في الدراسات الجيوديسية (الجيوديسيا
geodesy هي علم ودراسة تقوس سطح الأرض) .

وكتيجة لثورة المعلومات الجديدة التي أتاحها هذه الأقمار : أصبح
الجيوديسيون على وشك حل المشكلة القديمة التي حيرت العلماء في الماضي ،
وهي المشكلة الخاصة بشكل الأرض نفسها . وكان أول قمر صناعي صمم

لتقديم القياسات الخاصة بهذا الموضوع ، هو القمر « أنا رقم ١ ب ANNA 1B » الذي أطلقه الأمريكيون في سنة ١٩٦٢ ، ثم تابعت بعده أقمار جيوسياسية أخرى أطلقها الأمريكيون والسوفيت والبريطانيون منذ سنة ١٩٦٥ و ١٩٦٦ . وتمثل هذه الأقمار أعظم وسائل نستطيع أن نرسم منها الخرائط المختلفة التي تبين مقدار انحراف شكل الأرض عن الشكل الكروي الصحيح .

وفيما يختص بدور الأقمار الصناعية في التصوير الجوي لعمل الخرائط ، فقد أثبتت هذه الأقمار أنها لا تقل في هذا الشأن عن الطائرات ؛ فهي مثلها تقدم ظروفاً ملاحية جوية مناسبة لكاميرات التصوير . بل لقد اكتشف العلماء في نفس الوقت أن الكاميرا المحمولة بقمر صناعي قادرة على تصوير شقة مستطيلة من الأرض طولها نحو ٣٠٠٠ ميل في كل عشرة دقائق . وكان معنى هذا أنه من الممكن رسم خرائط لكل سطح الأرض خلال بضعة أيام ، وأن المسح الطبوغرافي أصبح سهلاً نسبياً - وكان من قبل يحتاج من البعثات العلمية إلى شهور طويلة مضيئة حتى تكتمل عملية المسح .

أي دولة ذات موارد مالية وفنية وقادرة على أن تبعث بأقمارها الصناعية حول الأرض ، تستطيع إذن أن ترسم خرائط لكل أجزاء الأرض - إذ لم يعد هناك جزء من الأرض بعيد عن منال كاميرات الأقمار الصناعية ، ولا يخفى علينا في هذه المناسبة الدور الذي تلعبه الأقمار الصناعية في مجال التجسس والمخابرات الحربية .

ومع أن تكاليف التصوير الجوي لا زالت مرتفعة ، وأن على علماء الطبيعة الأرضية والجغرافيا والآثار أن ينتظروا عقداً آخر حتى يستفيدوا تماماً وبطريقة عملية من الصور الجوية في دراساتهم العادية ، إلا أن التصوير الجوي في مجال القضاء قد أضاف بالفعل بُعداً جديداً وساحراً في دراسات أولئك العلماء المهتمين بفهم طبيعة وشكل سطح الأرض . ولدينا اليوم صوراً جوية يلتقطت لسطح الأرض من مئات الأميال في الفضاء الخارجي ؛ ومنها

مثلاً صورة شبه جزيرة الدكن الهندية التي أخذت من ارتفاع ٦٠٠ ميل فوق سطح لأرض ، وصورة أخرى لمنطقة القرن الإفريقي ومدخل البحر الأحمر ، وثالثة لمنطقة قناة السويس وخليج السويس ، وغيرها كثير . مثل هذه الصور الطبيعية الصحيحة ، والجميلة في نفس الوقت يمكن أن تكون لوحات جذابة في الأطالس الدراسية .

ج - تطور أجهزة المساحة الأرضية :

لكي ندرك ما حدث من تطورات جديدة في عمليات المساحة الأرضية ، يحسن أن نلم أولاً - وباختصار - ببعض المبادئ الأساسية في إنشاء الخرائط . ويتضمن إنشاء الخريطة التفصيلية إجراء قياسات معينة : تختص بالمسافة ، وبالنزوايا الأفقية والرأسية ، والانحرافات bearings لتحديد الاتجاهات ، ثم خطوط العرض والطول لتحديد المواقع على سطح الأرض .

وتتمثل أبسط طرق رسم الخرائط في قياس المسافة . فمن المبادئ الهندسية نعرف أنه إذا كان لدينا الأطوال الثلاثة لجوانب المثلث - ودون معرفة قياس أي زاوية من زواياه - فلا بد أن ينشأ من هذه الأطوال الثلاثة شكل واحد فقط من المثلث . فمثلاً ، الحديقة التي تأخذ شكل المستطيل ، تتكون أساساً من مثلثين . فإذا قسنا أطوال جوانب الحديقة الأربعة وكذلك أحد قطري المستطيل ، يمكن في هذه الحالة رسم خريطة تفصيلية لهذه الحديقة . إذن ، حينما نقسم المساحات غير منتظمة الشكل - مثل الحقول والمدن وغيرها - إلى مجموعة من المثلثات ، يصبح في الإمكان قياس أضلاعها وبالتالي نستطيع رسم خرائط دقيقة لها . هذه الطريقة من طرق المساحة الأرضية ، تسمى طريقة « الأشكال ثلاثية الأضلاع Trilateration » ، وهي - كما نرى - لا تتطلب أي قياسات لنزوايا المثلثات .

ورغم ما يبدو من بساطة وسهولة في هذه الطريقة ، إلا أن استخدامها ساء منذ حوالي منتصف الخمسينات - وفي أكثر المساحات الأرضية تقدماً

التي تستخدم الأجهزة الإلكترونية المتطورة . فقد كانت صعوبة عملية قياس المسافات بالطرق التقليدية السبب المباشر في عدم انتشار هذه الطريقة البسيطة في عمليات المساحة الأرضية .

ففي عمليات المساحة ، يستخدم المساحون تنوعاً من الأدوات لقياس المسافة ، وتشمل الجنازير chains (طول الواحد منها ٢٠ متراً) والأشرطة المصنوعة من الصلب . ولكن الأشرطة الصلبة تتمدد وتنكمش بسبب تغير درجات الحرارة ، ويجب أن يؤخذ هذا في الاعتبار . ولذلك كانت معظم قياسات المسافة الدقيقة - حتى وقت قريب - تم بواسطة أشرطة معدنية مصنوعة من سبيكة النيكل والصلب invar tapes ، فهي قليلة التأثير جداً بدرجات الحرارة . وتتميز عمليات القياس بهذا الشريط (٣٠ متر) بدقتها العظيمة ، ولكن حين تقيس بها مسافات قد تمتد عدة كيلومترات ، تصبح عملية القياس شاقة وبطيئة . ولهذا لم تكن طريقة « الأشكال ثلاثية الأضلاع » طريقة عملية في مسح المناطق العظيمة المساحة ، وكان من الضروري أن يلجأ المساحون إلى طرق أخرى - أكثر تطوراً - لقياس المسافات ؛ وهذا ما تحقق في منتصف الخمسينات .

وحتى الستينات من هذا القرن ، كانت طريقة « المساحة بالمثلثات الشبكية Triangulation » هي طريقة المساحة النموذجية والسائدة في العالم كله . وتقوم هذه الطريقة على الحقيقة الهندسية التي تقول بأنه إذا كانت زوايا المثلث الثلاث معروفة ، لنا (من خلال قياسها بالدرجات) وكذلك طول أحد أضلاع هذا المثلث ، فمن الممكن حينئذ حساب طول الضلعين الآخرين . فإذا كان لدينا خط قاعدة base line قسناه بدقة ، نستطيع منه أن نحدد نقاطاً أخرى فوق كل مساحة الدولة أو الإقليم على شكل سلسلة أو شبكة من المثلثات . وقد حدث هذا بالفعل في عمليات مسح مصر طبوغرافياً . وحدث كذلك في بريطانيا حيث نجد فيها ثلاثة خطوط قاعدية قيس على الأرض (أحدها على سهل سالسبوري ، والخطان الآخران في اسكتلندا) . وتم تحديد كل النقاط المساحية الأخرى ، التي توجد عادة فوق قمم التلال ، بقياس زوايا مثلثاتها .

قياس الزوايا : ويتم قياس الزوايا ، الأفقية والرأسية ، بجهاز التيودوليت theodolite ، وهو أعظم أجهزة قياس الزوايا دقة وضبطاً . وهو أساساً عبارة عن تلسكوب قوي متصل بقرصين على شكل دائرتين مدرجتين إحداهما أفقية (٣٦٠°) والأخرى رأسية . ويرتفع الجهاز على حامل له ثلاثة أرجل ، وبواسطة مسامير الضبط يستطيع المساح أن يحرك الجهاز حركة أفقية ليقرأ قياسات دقيقة للزوايا الأفقية المحصورة بين نقطتين مرثيتين . أما حين يحرك الجهاز رأسياً ، فيستطيع أن يقرأ الزوايا الرأسية التي يستخدمها في حساب الاختلافات في الارتفاع . وتحدد مصلحة المساحة نقط الروبير Bench-marks ، وهذه عبارة عن نقط أو علامات محفورة على الصخر أو مثبتة على حوائط المباني ، وقد ليس ارتفاعها بدقة بالنسبة لمستوى سطح البحر عن طريق سلسلة من الميزانيات levelling . وعادة ما يكتب ارتفاع هذه النقط فوق سطح البحر على الخرائط احصائية plans .

والبوصلة المنشورية prismatic compass جهاز آخر يستخدم في قياس الزوايا الأفقية والانحرافات (١) . ويمكن حفظ البوصلة المنشورية في جيب المساح ، ولذلك فهي مفيدة في المساحة السريعة والتقريبية . وهي تتكون من بوصلة مغناطيسية ومنشور زجاجي (ومن هنا سميت بهذا الاسم) يرتفع فوقها من أحد جوانبها ، حتى يستطيع المساح أن ينظر من خلاله إلى الهدف الذي يوجه البوصلة إليه (عن طريق شظية رأسية في الجانب المقابل للمنشور) ،

(١) الانحرافات نوعان : أولهما هو الانحراف الجغرافي أو الحقيقي ، وهو عبارة عن مقدار الزاوية التي يصنعها أي اتجاه مع خط الشمال الجغرافي - وهو الخط الواصل بين مكان الراصد والقطب الشمالي .

أما النوع الثاني فهو الانحراف المغناطيسي ، وهو عبارة عن مقدار الزاوية التي يصنعها أي اتجاه مع خط الشمال المغناطيسي - وهو الخط الواصل بين مكان الراصد والقطب المغناطيسي الشمالي .

ثم يقرأ درجة الانحراف في المنشور في نفس الوقت . وكثيراً ما تستخدم البوصلة المنشورية في طرق الترافرس compass traverses ، التي يستطيع المساح من خلالها أن يقيس الانحرافات على طول منطقة التجوال . وحين تقترن قياسات الانحرافات بقياسات المسافة ، يمكن توقيع هذه الانحرافات على لوحة الورق لتكون خريطة أولية . ثم تحدد التفاصيل بعد ذلك على طول المنطقة ، مثل المباني والطرق والمجاري المائية ، وذلك بأخذ انحرافات من عدة نقاط — ولا تحتاج حيثئذ لقياس المسافات .

وتعطى البوصلة المنشورية انحرافات مغنطيسية ، تفيد في تحديد الاتجاهات . ولكن هذه الانحرافات تختص بالشمال المغنطيسي ، ولذلك يجب إجراء عملية تصحيح لإيجاد الشمال الجغرافي أو الحقيقي . وهذه عملية تحتاج إلى بعض الحسابات ، كما أن البوصلة — بالإضافة إلى ذلك — تتأثر بوجود أي أدوات حديدية بالقرب منها . لذلك يمكن قياس الانحرافات الحقيقية (أي الاتجاهات من خط الطول الذي يشير إلى الشمال الجغرافي) بشكل أدق بواسطة جهاز التيودوليت . أما معرفة خطوط العرض والطول فتعتمد عادة على الأرصاد الفلكية . فحتى يعرف المساح خط الطول ، يقوم ببعض الأرصاد الفلكية لكي يعرف الوقت المحلي ثم يقارنه بوقت خط جرينتش وهو خط طول صفر درجة (١) .

وبمجرد أن يحدد المساح مواقع وارتفاعات سلسلة من النقاط في منطقة معينة ، يبدأ في عملية رسم التفاصيل الطبوغرافية — كالتلال والأنهار والطرق والمدن — التي تقع بين هذه النقاط . وقبل الحرب العالمية الثانية ، كانت تستخدم

(١) يستخدم الملاحون في السفن جهازاً صغيراً يسمى الكرونوميتر chronometer لإيجاد خط الطول (وهو نوع من الساعات الدقيقة للغاية) ، وجهازاً آخر يسمى سكستانت sextant لإيجاد خط العرض ؛ وذلك لتحديد موقع السفينة بالنسبة لخط الطول والعرض . ومنذ الحرب العالمية الثانية بدأت السفن تستخدم طرقاً إلكترونية حديثة (مثل الرادار والموجات اللاسلكية) وذلك لتوجيه السفينة خصوصاً في حالات الضباب والسحب الكثيفة .

في عملية الرسم هذه مساحات اللوحة المستوية (البلاشيطة) plane table surveys والبلاشيطة عبارة عن لوحة رسم مستطيلة الشكل ومصنوعة من الخشب ، وترتكز على حامل بحيث يمكن تحريك اللوحة فوقه حركة أفقية دائرية . وتثبت فوق لوحة البلاشيطة لوحة من الورق يتم فوقها رسم الخريطة المطلوبة . وعلى لوحة الورق تحدد كل النقط المعروفة وتوقع بدقة وبمقياس رسم مناسب . وتوضع اللوحة في مكان معروف ، ثم يستخدم المساح مسطرة توجيه (العضادة) alidade لينظر من خلالها إلى النقط المعروفة الأخرى ، وبهذه الطريقة يوجه اللوحة التوجيه الصحيح . وبعد تثبيت اللوحة ، ينظر من خلال مسطرة التوجيه إلى النقط الأخرى التي يراها مهمة من الناحية الطبوغرافية ، مثل أركان الحقول والمنازل ، ثم يرسم خطا - شعاعاً - بالقلم الرصاص من موقعه هو إلى الظاهرة التي يريد رصدها . ثم ينتقل إلى موقع آخر ويوجه اللوحة مرة أخرى وينظر إلى نفس التفاصيل ، ثم ينتقل مرة ثالثة وهكذا . وحشما تتقاطع ثلاثة خطوط موجهة إلى نفس الظاهرة في نقطة ، فيكون موقعها قد تحدد . ويقاس المساح الارتفاعات بواسطة جهاز صغير يسمى الكلينوميتر clinometer ، وهو عبارة عن جهاز توجيه آخر يقرأ من خلاله زوايا الارتفاع أو الانخفاض (يقيس الاختلاف في الارتفاع بين نقطتين) . وبهذه الطريقة تنشأ الخريطة التفصيلية ببطء على لوحة الورق - وذلك إذا كانت الرؤية جيدة .

وقد أشرنا من قبل إلى أن المساحة الفوتوجرامترية (من الصور الجوية) قد حلت إلى حد كبير محل المساحة الأرضية على اللوحة المستوية منذ فترة الحرب العالمية الثانية .

المساحة الأرضية السريعة :

وبالرغم من انتشار المساحة الفوتوجرامترية ، إلا أن المساحة الأرضية قد شهدت أيضا ثورة في طرق المسح الطبوغرافي منذ الخمسينات من هذا القرن ،

وبخاصة خلال تطور جهازين جديدين يستخدمان في قياسات المسافة بسرعة ملحوظة ، وهما : التيلوروميتر tellurometer ، ثم جهاز الجيوديميتر geodimeter .

وقد ظهر جهاز التيلوروميتر أولاً في جنوب إفريقيا ، وهو يقيس المسافات بواسطة تسجيل الوقت الذي تنتقل فيه الموجات الكهرومغناطيسية electromagnetic بين نقطتين مرئيتين . ويمكن استخدام هذا الجهاز لمسافات قد تمتد إلى ٨٠ كيلومتراً ، وهو صالح أيضاً في الأحوال التي يسود فيها الضباب ، ولتسهيل العمل فوق المسافات الطويلة ، فقد زودت أجهزة التيلوروميتر بهاتف (تليفون) متنقل . وتصل دقة التيلوروميتر إلى نحو ١ : ١٠٠,٠٠٠ - أي نحو ستمتير في كل كيلومتر .

أما الجهاز الجديد الآخر ، الجيوديميتر ، فيسجل سرعة الموجات الضوئية ، وكان أول ظهور لهذا الجهاز في السويد . والجيوديميتر أكثر قدرة ونجاحاً من التيلوروميتر في حالة المسافات القصيرة . وكلاهما يقيس المسافات - لا الزوايا - ومن ثم فطريقة المساحة المستخدمة هي المثلثات المقاسة الأضلاع ، أي الأشكال الثلاثية الأضلاع trilateration (التي أشرنا إليها في أول هذه الدراسة) وليست طريقة المثلثات الشبكية triangulation . ولكي نبيّن الفرق بين الطريقتين ، نذكر أن عمليات مسح الهند بطريقة المثلثات الشبكية قد استغرقت نحو مائة سنة حتى اكتملت ، بينما استغرقت عمليات مسح استراليا بالطريقة الحديثة (المثلثات المقاسة الأضلاع) والتي استخدمت الأجهزة الجديدة في قياس المسافات ، أقل من عشرة سنوات .

كذلك بدأت طرق المسح الأرضي تستخدم في السنوات الأخيرة : الأقمار الصناعية وأشعة الليزر laser beams والحاسبات الإلكترونية computers . وهكذا تغيرت أجهزة وأساليب المساحة الأرضية تغيراً جذرياً ، واختلفت عما كان يجري في القرن التاسع عشر حينما كانت المسافات تقاس بالخطوة ثم

بمختبر المساح . وقد أضاف كل هذا إلى الثورة الهائلة التي شهدتها صناعة الخرائط في القرن العشرين .

ومع كل هذا التقدم الذي شهدته كرتوجرافيا القرن العشرين ، فلا زال نحو ٧٥ / من سطح الأرض اليابس ينتظر رسم خرائط طبوغرافية له بمقياس مناسب — مثلاً مقياس ١/٥٠,٠٠٠ .

أقسام الكرتوجرافيا المعاصرة

لقد أصبح ميدان الكرتوجرافيا ميدانا فسيحاً ومتطوراً بفضل العمليات والأساليب الفنية الجديدة في صناعة الخرائط ، وكذلك بفضل ثروة المادة المتجمعة من التصوير الجوي وبيانات التعدادات المختلفة (سكانية وزراعية وصناعية) وغيرها من مظاهر نمو وتطور المجتمع المنظم في العصر الحديث .

وكان هذا كله مدعاة لتطور الكرتوجرافيا السريع في السنوات الحديثة ، وإلى تفرعها إلى عدد من أنواع النشاط الكرتوجرافي المنفصل . وفي هذا الانفصال دلالة طبيعية على النمو ، ذلك أنه حين تتطور العلوم أو الفنون ، لا بد أن يتفرع كل علم إلى أقسام تخصصية مختلفة .

وفي الوقت الحاضر ، هناك مرحلتان متميزتان يتألف منهما ميدان الكرتوجرافيا برمته ، وبالتالي يمكن التمييز بين الخرائط التي تُنتج في كل منهما :

١ — المرحلة الأولى ، وفيها نجد الاهتمام موجهاً نحو انتاج الخرائط الطبوغرافية التفصيلية لبيان المناطق الأرضية والمناطق البحرية ، وهي بالطبع خرائط كبيرة المقياس وتبين تفاصيل الظواهر الطبيعية كخطوط الكنتور التي تحدد أشكال سطح الأرض ، والغابات ، والمجاري المائية كالأنهار والوديان ، وتبين كذلك الظواهر البشرية (أو الصناعية) كالترع والمصارف والطرق

والسكك الحديدية ومراكز العمران المدنية والريفية . ويعتمد هذا النوع من الخرائط على العمليات المساحية الأرضية أو الجوية ، التي يقوم بها أولا المساحون المدربون ، ثم يسلمون نتائج ورسوم ما أجروه من عمليات مساحية دقيقة إلى الكرتوجرافيين الرسامين الذين يقومون بعملية الرسم النهائية حتى تكتمل الخريطة الطبوغرافية ويتم طبعها . ويهتم هؤلاء الكرتوجرافيون في خرائطهم بأمور معينة مثل شكل الأرض ومناسيب الارتفاع عن سطح البحر وتفاصيل الموقع . وهم يكونون مجموعة محترفة من الكرتوجرافيين تعمل في مصالح المساحة القومية وهيئات المساحة العسكرية بالدول المختلفة . وكما ذكرنا - نصنع هذه المجموعة عادة الخرائط الطبوغرافية والتفصيلية التي تتضمن معلومات وبيانات عامة (ولذلك تسمى هذه المجموعة من الخرائط بالخرائط العامة الغرض) ، ومن ثم تؤلف هذه الخرائط القاعدة الأساسية ، التي يبدأ منها عمل الكرتوجرافيين في المرحلة الثانية .

٢ - أما المرحلة الثانية من النشاط الكرتوجرافي فغير واضحة التحديد ، وإن كانت على العموم تشمل الخرائط الخاصة *special maps* أو الخرائط الموضوعية *thematic maps* ذات المقياس الصغير . ومن أمثلتها الخرائط الجيولوجية ، وخرائط التربة ، والمناخ ، والخرائط الاقتصادية بما تشمله من خرائط استخدام الأرض والخرائط الزراعية والصناعية ، ثم الخرائط السياسية والتاريخية ، والخرائط الاجتماعية بما تشمله من خرائط السكان والعمران والدخل والأحوال الصحية والتعلينية - وهذه كلها عبارة عن خرائط توزيعات لظاهرة مكانية (جغرافية) أو لأكثر من ظاهرة مكانية .

المهم أن فئة الكرتوجرافيين التي تنتمي إلى هذه المرحلة من النشاط الكرتوجرافي ، لا تصنع في معظم الأحوال خرائطها الخاصة نتيجة عمليات المساحة الدقيقة ، وإنما تستخدم الخرائط الطبوغرافية والتفصيلية كخرائط أساسية ، تجمع منها ما تحتاج إليه من بيانات أولية ، ثم تشرع في عمل خرائطها

التي تضمنها علاقات جديدة وتعميمات وغير ذلك من معلومات خاصة تخدم أغراض بحوثهم ودراساتهم . ويتسمي إلى هذه الفئة من الكرتوجرافيين : الجغرافيون والجيولوجيون وعلماء الاقتصاد والتاريخ والسياسة والاجتماع والسكان وغيرهم ممن يعملون في ميادين العلوم الطبيعية والاجتماعية ، ويحاولون خلال بحوثهم العلمية فهم وتفسير المركب الطبيعي والاجتماعي على سطح هذه الأرض . ولدينا في هذا الخصوص موضوعات وبيانات أساسية عظيمة التنوع والتباين بشكل غير محدود ، كما نجد العديد من طرق التمثيل الكرتوجرافي التي تستخدم لإنتاج أنواع مختلفة من الخرائط الخاصة أو خرائط التوزيعات الصغيرة المقاس في مختلف الميادين العلمية .

وفي داخل كل من هاتين المرحلتين الكبيرتين ، نجد هناك تخصصاً عظيماً في أطوار جمع المادة وتصميم الخرائط ، كما هو الحال في الأطوار أو المراحل الثانوية التي تمر بها صناعة الخريطة الطبوغرافية من مسح ورسم وطبع . على أنه يجب أن نلفت النظر إلى أن كل هذه التخصصات والمراحل الكرتوجرافية تتداخل في بعضها البعض ، وبالتالي فإن التقسيم الصارم بينها أمر نادر الحدوث . صحيح أن هناك اعتبارات تفصل عادة بين الكرتوجرافيين المعنيين بالمساحة الطبوغرافية وبين أولئك المعنيين بجمع وتوليف الخرائط الخاصة ؛ ولكن هذه الاعتبارات لا تخلو بالضرورة هوة واضحة المعالم بين المجموعتين ؛ ذلك لأن الأساليب الفنية التي تستخدمها كل فئة تتشابه في كليتا المرحلتين ؛ كما أن كرتوجرافي المرحلة الأولى والذين يعملون في مصالح المساحة القومية ، لا يقتصر نشاطهم في الوقت الحاضر على إنشاء الخرائط الطبوغرافية فقط ، وإنما قد يقومون أيضاً برسم أنواع معينة من الخرائط الخاصة ، مثل خرائط الطرق والمواصلات وخرائط استخدام الأرض وخرائط السكان .

مراجع الفصلين الأول والثاني

- ١ - محمد صبحي عبد الحكيم وماهر الليثي (١٩٦٦) ، غلم الخرائط ، الجزء الأول ، مكتبة الأنجلو المصرية بالقاهرة (الفصل الأول) .
- ٢ - نفيس أحمد (١٩٤٧) ، جهود المسلمين في الجغرافيا ، الألف كتاب (٢٧٢) - ترجمة فتحي عثمان - بإشراف وزارة التربية والتعليم المصرية (الفصلان الثالث والخامس) .
- ٣ - Clare, W.G. (1964), « Map Reproduction », Cartographic Journal, vol. 1, pp. 42-48 (London).
- ٤ - Crone, G.R. (1953), Maps and their Makers, Hutchinson : London.
- ٥ - Debenham, F. (1955), Map Making, 3rd ed., Blackie : London, (pp. 193-224).
- ٦ - Marshall Cavendish Learning System : Geography (1969), The Making of Maps, London, 62 pp.
- ٧ - Raisz, E. (1948), General Cartography, 2nd ed., New York, (Part One : The History of Maps).
- ٨ - Robinson, A.H. (1960), Elements of Cartography, 2nd ed., New York, (Chapter 1 : The Art and Science of Cartography).

الفصل الثالث

أدوات وأجهزة الرسم

يتعامل كثير من الناس مع الخرائط ويستخدمونها بطرق مختلفة ، فهناك السائح وفي الكشافة وسائق السيارة ورجل الإدارة وكذلك الكثير من دارسي الآثار والتاريخ والاقتصاد والاجتماع والسياسة والزراعة والحرب . كل هؤلاء يستخدمون الخرائط بطريقة أو بأخرى . ومع ذلك ، فلا يمكن أن نطلق على هؤلاء لفظ « كرتوجرافيين Cartographers » . فالكرتوجرافيون هم فقط أولئك المشتغلين بإعداد ورسم الخرائط ، وبالتالي يندرجون تحت عدة فئات . فمنهم العالم الباحث الذي يجد لزماً عليه أن يعد الخرائط كأداة من أدوات البحث تساعده على التحليل الذي قد يستتج منه معلومات ومعرفة جديدة . ومن الكرتوجرافيين أيضاً ذلك الكاتب الذي يستخدم الخرائط كبديل عن الكلمة المكتوبة ، أو كأداة مساعدة في عرض هذه الكلمة سواء أكانت في كتاب أو مقال أو أطلس . وهناك أيضاً رسّام الخرائط الطبوغرافية الذي يعرض في هذا النوع من الخرائط نتائج المسح الميداني أو المسح الجوي photogrammetric survey ، وكذلك الرسّام الفنان draftsman الذي يرسم الخرائط من أجل شخص آخر . كل هؤلاء كرتوجرافيون بشكل أو بآخر . وكل منهم يجد أن من المفيد له أن يكون ملماً بالطرق والأساليب الأساسية المستخدمة في الكرتوجرافيا .

وتدخل كل عمليات العرض المتضمنة في عمل أو صناعة الخريطة تحت تصنيف أساسي هو ما اصطلح على تسميته بـ « التكنيك الكرتوجرافي » - أي طرق وأساليب الإنجاز في الكرتوجرافيه . وعملية الرسم الفعلي هي مجرد جزء فقط (ولأن كان جزءاً مهماً) من المجهود الفني الداخِل في صناعة الخريطة . ويتضمن هذا الجزء الطرق الآلية mechanical التي بواسطتها تُوقع الخطوط والرموز والحروف وغيرها من العلامات على سطح ورقة الرسم . وهذه هي ما نسميها : أساليب الرسم drafting techniques ، وهي كما ذكرنا جزء مهم من مجموع التكنيك الكرتوجرافي .

وتستلزم عملية الرسم بالضرورة أساليب أخرى لإستنتاج أنواع كثيرة من عناصر القياس ، مثل طرق تحديد أبعاد شكل نريد رسمه بحيث يكون صحيح المقياس ، ثم طرق تقسيم الخطوط إلى أجزاء متساوية ، أو تحديد أضوال معينة على خطوط الأقواس . بعض هذه الطرق يحتاج إلى علم الحساب ، وبعضها يمكن إنجازها بمساعدة أدوات بسيطة . بينما يتطلب بعضها الآخر أنواع مختلفة من عمليات الرسوم البيانية .

ولما كانت أنواع واستخدامات الخرائط تتعدد بشكل عظيم ، فنجد أن مراتب الأنواع المختلفة من الرسوم الفنية والعمليات القياسية التي ينبغي على الكرتوجرافي أن يقوم بها ، تندرج من الأشياء البسيطة كترسيم الخطوط المستقيمة . إلى عمليات أكثر تعقيداً مثل قياس مساحة غير منتظمة الشكل ، ثم إلى الأساليب الفنية الأكثر تقدماً مثل تطبيق طرق التظليل أو التلوين على خريطة تجهز للطباعة . ولكي نحيط بكل الأساليب الممكنة التي قد يواجهها صانع الخريطة ومستخدمها ، فقد يحتاج الأمر إلى بضع كتب من هذا الحجم ؛ ومع ذلك يجد بعض الناس أن من المفيد لهم أن يلموا بكثير من الأساليب الكرتوجرافية غير دقيقة التخصص : ومن هؤلاء ذلك الباحث الذي يصنع الخرائط بهدف أن تعينه في أبحاثه الخاصة ، وكذلك الدارس أو الطالب الذي يرسم خرائط صغيرة ومتوسطة القياس لعرض بيانات دراسته عرضاً جغرافياً

(مثل توزيع الظاهرات وتصوير علاقاتها المكانية) ، ثم ذلك الذي يياشر عملاً كرتوجرافيا كان قد كَتَف أحد الرسامين بالقيام به .

إذن ينبغي على الباحث أو الطالب الذي يجمع البيانات الخاصة بخريطة أصلية يريد أن يرسمها لإستخدامه الشخصي أو لعمل دراسي قابل للنشر ، ينبغي أن يكون ملماً بالأساليب اليدوية والطرق الأساسية التي تحتاجها عملية التجميع والتوليف وكذلك العمليات الأساسية في رسم وقياس الخرائط - إلى الحد الذي يصل به إلى المستوى المعقول .

والأدوات والوسائل التي يستخدمها الرسام عادة بسيطة نسبياً . وهي أساساً مصممة بحيث تعطيه قدرأ عصبياً من الإتقان والدقة . وكل ما هو مطلوب ، قدر قليل من الدراية وانهرة حتى يمكن استخدام هذه الأدوات بشكل مناسب ومضبوط . ومهارات لرسم يمكن أن تكتسب مع شيء من التمرين والمثابرة ، وهي كأني مهارة أخرى تتطلب التنسيق بين اليد والعين والذهن .

مهمات الرسم

تتنوع المواد والأجهزة والآلات التي قد يستخدمها الكرتوجرافي حتى أنها قد تُولف قائمة طويلة جداً . على أن معظم عمليات الرسم تحتاج فقط لعدد صغير من الآلات والأجهزة . ومن المقيد لأي طالب لديه بعض الاستعداد في رسم الخرائط والرسوم البيانية التفريرية ، أن يحصل على مهمات الرسم الأساسية . فتكاليف الفئات غير المستهلكة من هذه المهمات والمواد الصغيرة نسبياً ، لأن الأنواع الجيدة من الآلات والأجهزة يمكن الحصول عليها من السوق بأسعار متباعدة تماماً . أما فئة المواد المستهلكة مثل الأوراق والألوان والأحبار وأقلام الرصاص ، فيمكن شراؤها حسب الحاجة إليها . وهناك موزعون عديدون لأجهزة وأدوات الرسم ، وغالباً ما نجد في أي مؤسسة

تجارية للرسم تنوعاً كبيراً نسبياً يمكن أن نختار منه . ولما كانت الآلات الممتازة الصناعة مكلفة نسبياً ، فيحسن أن يبدأ الكرتونجرافي المبتدئ بأصناف الأدوات الرخيصة ، ثم يستبدلها حينما يصبح ملماً بالأصناف المرغوبة .

ويجب أن ندرك من البداية أن أجهزة وآلات الرسم أدوات دقيقة ومصنوعة من مواد جيدة النوع ، وإذا حفظت نظيفة وجافة فسوف تعود بالكسب على صاحبها . أما إذا حفظت الآلات مفككة وغير معتن بها في صندوقها ، فسوف يكون من السهل أن تتلف أطراف الإبر والأطراف الحادة للأقلام والريش وغيرها . وطبيعي أن الآلات النظيفة والجيدة التشغيل لا تخلق من مستخدميها رساماً جيداً ، ولكن ليس هناك رسام يستطيع أن يعمل عملاً جيداً بآلات قلرة أو صدئة لأنها لن تكون مضبوطة .

أولاً : أجهزة الرسم

ترسم الخرائط والرسوم البيانية عادة على لوحات الرسم المصنوعة بعناية من خشب لين بحيث تكون مستوية السطح . وهي ذات أحجام متعددة ولكن أصغر أحجامها العملية للرسم العادي هي 45×60 سم (18×24 بوصة) . أما لوحات الرسم الأكبر حجماً من ذلك فتستخدم كسطح لمنضدة الرسم والذي يمكن تحريكه أو تعديله من حيث الارتفاع والميل . وإذا لم نستطع أن نستخدم منضدة رسم من هذا النوع ، فيمكن أن نستبدلها بوضع كتاب تحت الحافة البعيدة للوحة الرسم الصغيرة وبذلك نحصل على سطح مائل مريح في عملية الرسم .

وكثيراً ما يرسم الكرتونجرافيون خرائطهم على الورق الشفاف ، وفي هذه الحالة يحسن جداً أن نغطي لوحة الرسم الخشبية بغطاء ورقي أبيض أو فاتح اللون ، وذلك لكي يكون التباين قوياً بين اللوحة وسطح الورق الشفاف ، ومن ثم يقل إجهاد العين أثناء عملية الرسم . وقد تُطبع شبكة مربعات على بعض هذه الغطاءات الرقيقة ، وذلك لكي تسهل عملية تخطيط الرسم وإطار

الخريطة . ويمكن تثبيت ورقة الرسم على اللوحة باستخدام الشريط اللاصق أو دبوس الرسم الذي يثبت بإبهام اليد ، ولكن عادة ما يكون الشريط اللاصق أكثر فائدة في هذا الخصوص . ويفضل استخدام الأشرطة الخاصة بالرسم ، وهي من أنواع السيلوفان وغير شديدة الالتصاق ، ومن ثم لا تتلف وسائل الرسم عندما تزال من عليها . أما دبائيس الرسم فتترك ثقوباً في اللوحة تضايق أحياناً ، كما أن رؤوس الدبائيس تمنع حرية حركة أدوات الرسم المسطحة كالماطر والمثلثات .

وهناك منضدة من نوع خاص تسمى « منضدة الشف » Tracing-table ، وتستخدم عندما نحتاج إلى نسخ أو شف رسم معين على سطح غير شفاف مثل ورق الرسم الأبيض . ويتكون سطح هذه المنضدة من زجاج متين شفاف ويضاء من أسفل بواسطة مصباح كهربائي عادي أو بضوء الفلورسنت . وهذه المناضد متاحة في كل منشآت الرسم التجارية ، كما لا يخلو منها أي مرسوم مناسب أو حجرات الرسم بأقسام الجغرافيا وغيرها من الأقسام المماثلة . كما يمكن لأي رسام أن يقلد فكرتها ويصنع واحدة لنفسه — حتى إذا اضطر إلى استخدام لوح النافذة الزجاجي في حالة العجلة . ومن المهم في هذه المناضد أن يكون تركيب المصباح سهل الحركة حتى يسهل تحريك مصدر الضوء في الاتجاهات المختلفة ، لأن تحريك مصدر الضوء يمنع ظهور ظلال أطراف الآلات على ورقة الرسم ، وهذه مسألة ضرورية عند توقيع المواقع أو رسم الخطوط الدقيقة .

وتستخدم على ورقة الرسم مسطرة حرف T T-Square ، وأنواع من المثلثات ومساوئ المنحنيات Curves . وتناسب مسطرة حرف T من النوع البسيط برأس ثابتة كل احتياجات الكرتوجرافيين . وتصنع هذه المساطر من المعدن أو الخشب الجامد ، وقد تزود بمجد لدن شفاف . وقد يفضل الكرتوجرافي مسطرة من هذا النوع ، لأن الحد الشفاف يمكنه من رؤية جزء من الرسم تحت المسطرة ، وبذلك يستطيع أن يبدأ رسم الخطوط ويتوقف عند الأماكن الصحيحة . وتتحرك المسطرة على طول جانب واحد من لوحة

الرسم . وإذا احتجنا إلى رسم خطوط عمودية على خط رُسم على طول المسطرة حرف T ، فينبغي رسمها بواسطة المثلث الذي يُسند في هذه الحالة على حافة المسطرة ، وليس بوضع المسطرة على الحد الأعلى للوحة الرسم - لأن جانبي اللوحة ليسا متعامدين تماماً في العادة .

أما المثلثات ، فتكفي ثلاثة منها في رسم معظم الخرائط : مثلث صغير وآخر كبير ٣٠° ، ثم مثلث متوسط الحجم ٤٥° (متساوي الساقين) . وهناك أنواع جيدة ودقيقة من هذه المثلثات .

أما مساطر المنحنيات ، وتسمى أحياناً French curves ، فلها أطراف منحنية نسند إليها القلم أو ريشة التحيير عندما نريد رسم خطوط سلسلة الميل ، ولكنها ليست أقواساً من الدوائر - لأن هذه ترسم بالفرجار . ويحسن عند تحيير الخطوط المرسومة بهذه المساطر ، أن نضع تحت مسطرة المنحنيات قطعة من الورق المقوى أو ورق الشاشه حتى ترتفع حافة المسطرة عن سطح ورقة الرسم وبذلك لا ينساب الحبر تحت حافة المسطرة . وفي حالة رسم خطوط المنحنيات الكبيرة ، يحسن استخدام المسطرة المرنة flexible curve التي تصنع عادة من البلاستيك المرن ، ويمكن تطويعها حسب شكل خط المنحنى المطلوب ، كما ترسم بها خطوط الطول والعرض المنحنية . وهناك نوع من المساطر المرنة له فقرات في تركيبه ، بحيث تتداخل هذه الفقرات أو تتسع حسب حركة تطويع المسطرة . ويوضح (شكل ٩) بعض أنواع المساطر المرنة لرسم المنحنيات .



مسطرة مرنة ذات فقرات

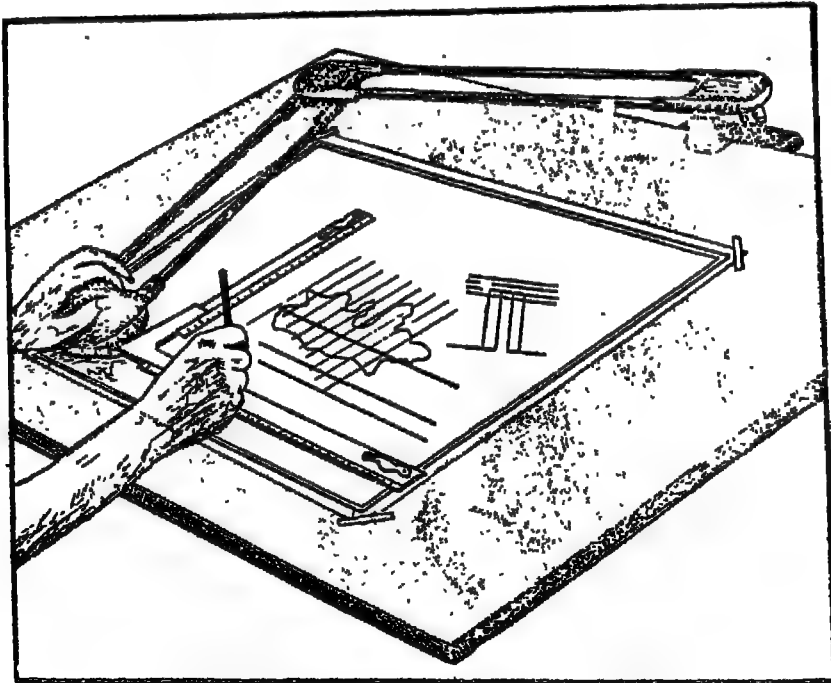


مسطرة لينة من البلاستيك

(شكل ٩) بعض أنواع مساطر رسم المنحنيات .

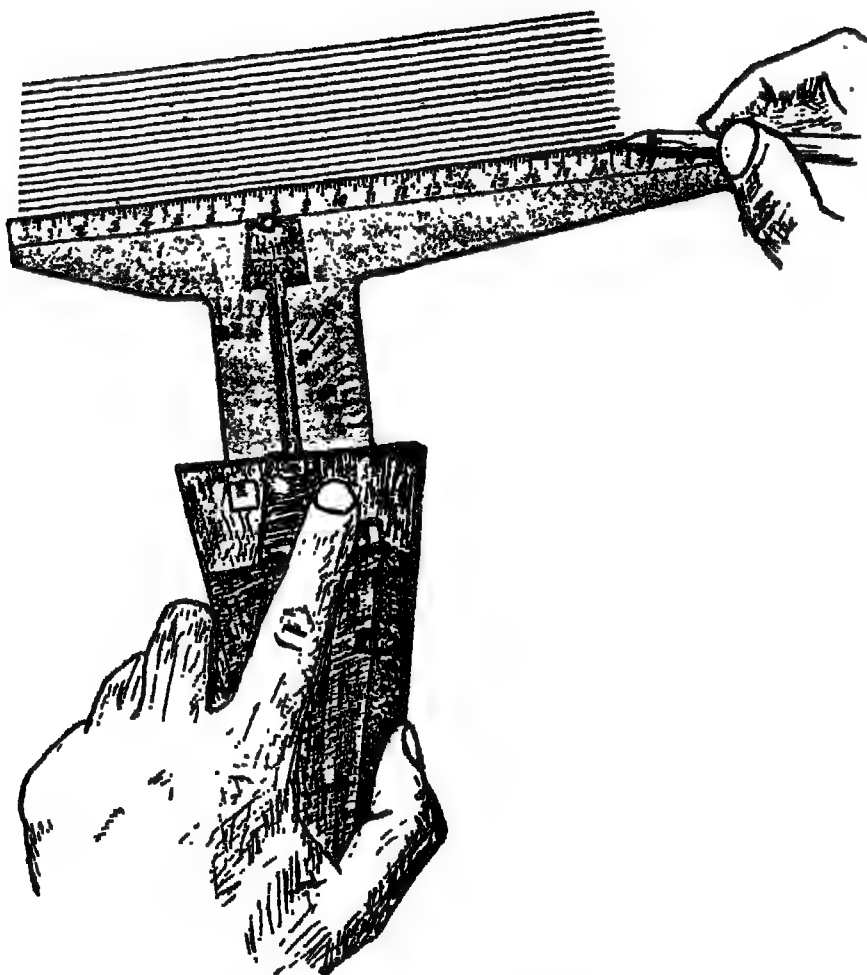
ويضاف إلى هذه الأدوات الأساسية ، مجموعة من المساطر العادية المصنوعة من الخشب أو المعدن أو الباغة celluloid ، وذلك لضرورة استخدامها في قياس المسافات . كذلك المنقلة protractor التي تستخدم في قياس أوتوقيع الزوايا ، وقد توجد في شكل دائرة كاملة أو نصف دائرة .

وهناك الكثير من أنواع أجهزة الرسم الأخرى التي تعتبر أدوات أساسية في حجرات الرسم ، ولكن نادراً ما يتمكن الطلاب من استخدامها الاستخدام الصحيح . فمثلاً ، هناك جهاز من أكثر هذه الأجهزة فائدة للكرتوجرافي ويسمى جهاز الرسم Drafting machine . وهذا الجهاز يتكون من ذراع معدني يثبت طرفه في منصدة الرسم ، وينتهي طرفه الآخر أو رأسه بمسطرة خشبية على شكل زاوية قائمة . ويتحرك الذراع بحرية في أي اتجاه ولكنه يحافظ على وضع متوازي أينما كانت حركته . ويمكن إدارة الرأس وتثبيتها عند قيم معينة بالدرجات . ويفيد هذا الجهاز في رسم الخطوط المتوازية في أي درجة مطلوبة ، ثم رسم خطوط عمودية عليها (شكل ١٠) .



(شكل ١٠) جهاز الرسم - جهاز « باراجون » .

وهناك أيضا مسطرة الخطوط المتوازية Parallel ruler ، التي تستخدم أساساً في رسم الخطوط المتوازية وكذلك في تقليل المساحات بنمط يتكون من خطوط متوازية متقاربة جدا . ومن أنواع هذه المساطر طراز حديث (شكل ١١) يسمى جهاز التسطير الآلي ، Automatic line spacer ، ويتكون أساسا



(شكل ١١) جهاز التسطير الآلي .

من مسطرة شنانقة تتحرك آليا كلما ضغطنا على « زر » بالجهاز ، بحيث تحافظ المسطرة على مسافة ثابتة وبالتالي يمكن رسم مجموعة متوازية من الخطوط على أبعاد متساوية . ويمكن ضبط هذا الجهاز حسب بُعد المسافة التي نريدها بين الخطوط ، وتراوح بين مليمتر وستة مليمترات . كما يمكن تركيب جزء إضافي في هذا الجهاز لرسم أشكال أخرى من الخطوط المتوازية مثل خطوط المنحنيات وأشكال الرموز الصغيرة .

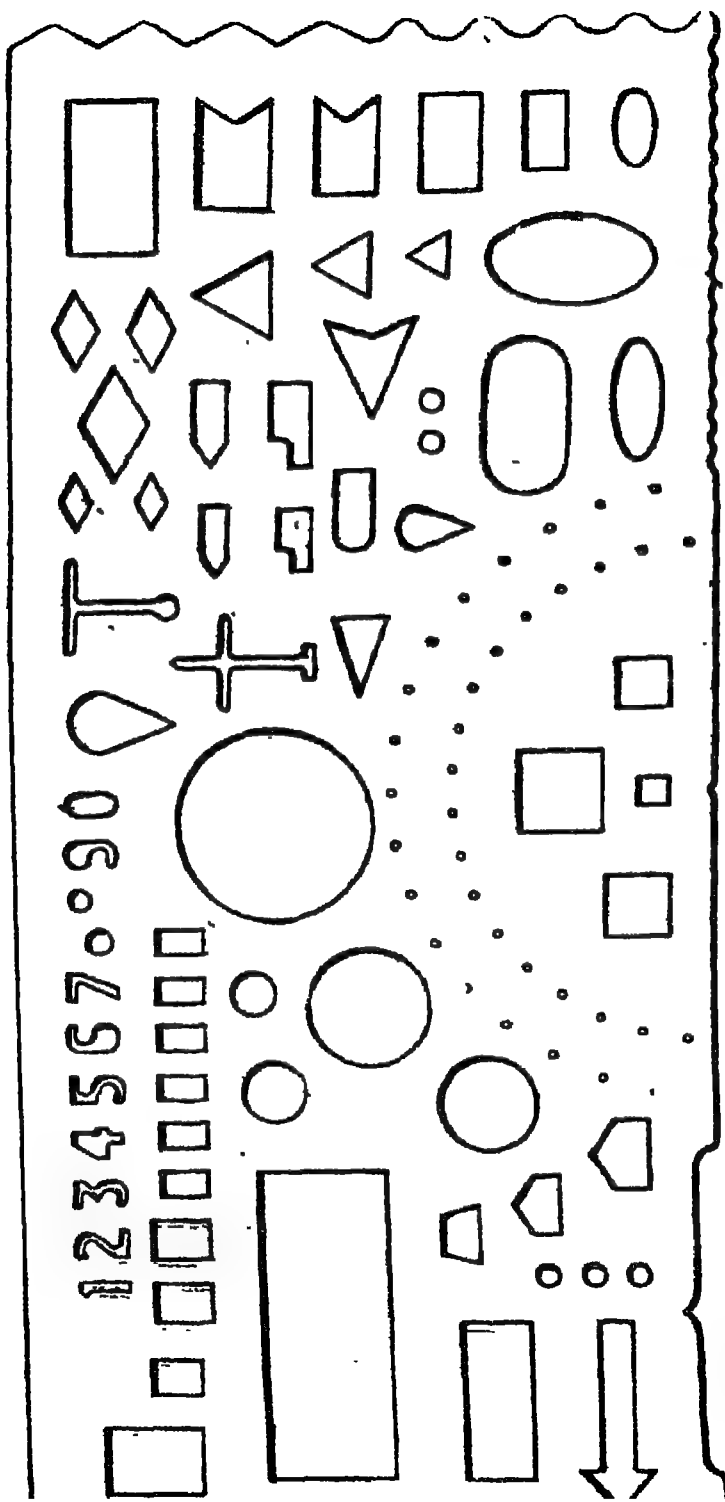
ومن الأدوات الأساسية أيضا مسطرة الرموز المثقوبة والمصنوعة من الباغة أو البلاستيك الشفاف ، وهي مفيدة جدا للكرتوجرافي الذي يحتاج إلى رسم أشكال مختلفة من الرموز . ففي هذه المسطرة نجد أشكالا عديدة من الرموز الهندسية المثقوبة مثل الدوائر المتدرجة والمربعات والمثلثات والأشكال البيضاوية والأعداد الحسائية وغيرها . وكل ما هو مطلوب أن نضع القلم داخل فراغ الرمز المطلوب ونبدأ في رسمه حول حدوده الداخلية . وتفيد هذه المسطرة أيضا حينما نريد تكرار رسم رمز صغير معين على الخريطة ليدل مثلا على مواضع مناجم خام معدني معين ، مثل المربع الذي يرمز إلى مناجم الحديد في منطقة معينة (شكل ١٢) .

ويمكن أن نضيف إلى هذه المجموعة أيضا عدة أجهزة أخرى تستخدم في قياس المساحات (البلاييمتر) وفي تصغير الخرائط وتكبيرها (البانتوجراف) ، وسوف نشير إلى هذه الأجهزة فيما بعد .

ثانيا : وسائل وأدوات الرسم

يمكن الحصول على أدوات الرسم سواء منفردة أو في مجموعات متكاملة — أي أطقم . وقد يحسن أن يكون لدينا طاقم الرسم بعلبته الخاصة لأنها تهيء مكانا مناسباً لحفظ الأدوات في مكانها الخاص ، ومن ثم تساعد على صيانة هذه الأدوات ، ومع ذلك فليس امتلاك طاقم كامل من الأمور الضرورية .

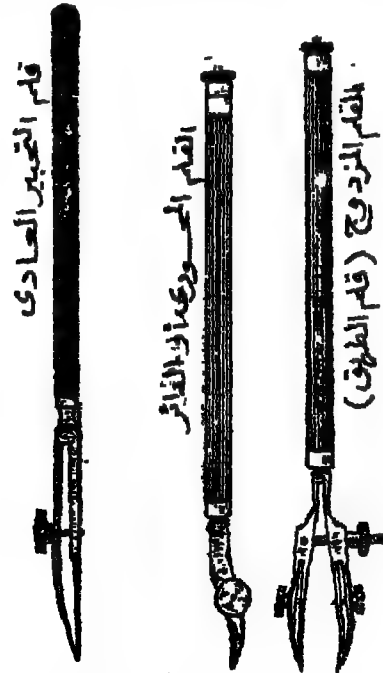
وتنقسم الأدوات التي يحتاجها الكرتوجرافي إلى ثلاث فئات هي : أقلام



(شكل ١٢) إحدى مساطر الرموز ، وهي عبارة عن مسطرة من البلاستيك ذات أشكال من الرموز المفرغة

التحجير Ruling-compass ، وأنواع من الفرجار (البرجل) Compasses ، ثم أنواع
من المقسم Dividers

(١) أقلام التحجير : ربما كان قلم التحجير (شكل ١٣) أكثر أدوات
الرسم استخداماً ، ومن المهم أن يكون لدى الكبر توجرافي قلم تحجير جيد وأن
يحفظه نظيفاً بوجه خاص وفي كيفية جيدة . ويمكن التحكم في المسافة بين
نصلي أو ريشتي قلم التحجير عن طريق المسار الجانبي الصغير ، ومن ثم
يمكن أن نرسم خطوطاً مختلفة السمك بنفس القلم . ويبدأ القلم بوضع الحبر
بواسطة « قطارة » أو ريشة بين النصلين . ويجب أن يتكرر تنظيف القلم بقطعة
قماش أثناء عملية الرسم ، لأن الحبر إذا بقي في القلم وقتاً أكثر من اللازم
فسوف يجف قليلاً وبالتالي لا تناسب نفس كمية الحبر بين النصلين ، الأمر



(شكل ١٣) أهم أنواع أقلام التحجير

الذي لا يمكن معه أن نحصل على خطوط متناسقة أو منتظمة السمك .

ويمكن أن يتم تنظيف الجوانب الداخلية لنصلي قلم التحبير بشكل سهل إذا غطيت ظفر إبهام اليد بقطعة قماش ثم أدخلت الظفر بين الجزء الأعلى من النصلين ونهبط به إلى أسفل . ولن يعمل الحبر المسحوب على اتساخ الظفر ، ولكنه يذكرنا - على أية حال - بالآلة نقرط في ملء القلم بالحبر . وإذا رأينا أن هناك حبراً زائداً في القلم قبل بداية الرسم فيمكن سحب جزء منه عن طريق وضع قطعة ورق نشاف (أو قطعة قماش) لكي تتشربه . ويوضح (شكل ١٤) الأوضاع الخاطئة والصحيحة عند الرسم بقلم التحبير .

وهناك قلم تحبير يدور فصليه على محور متحرك ، ويسمى القلم الدائر Swivel-pen ، وهو مفيد بنوع خاص في رسم الخطوط السلسة الانحناء مثل

حبر غير كافٍ لإنهاء الخط

الحبر خارج نصلي قلم التحبير ، فحري تحت المسطرة

تسريع مسج جافاً ، والقلم مضغوط أكثر من اللازم



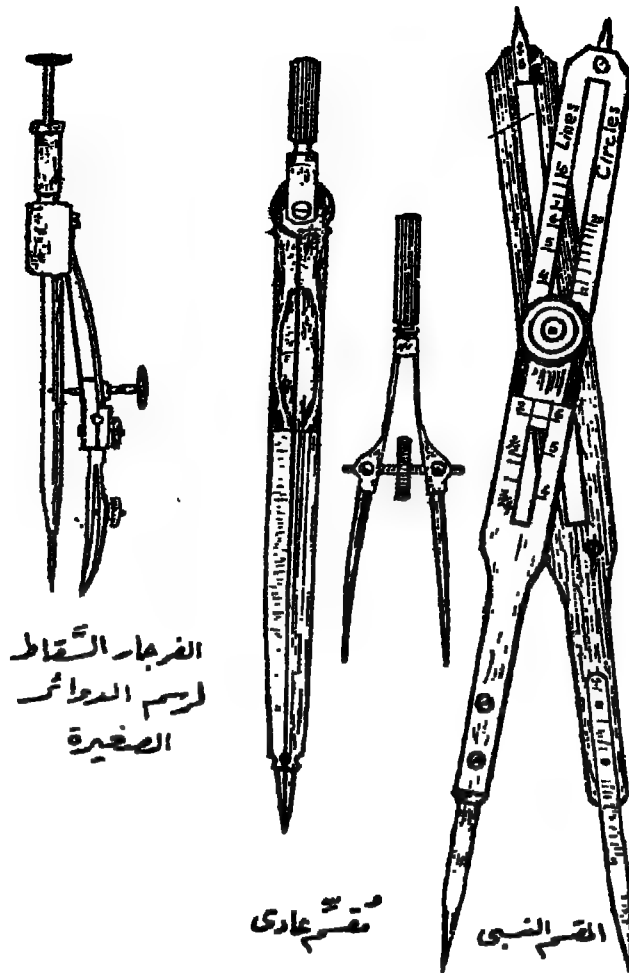
(شكل ١٤) بعض الأخطاء الشائعة في استخدام قلم التحبير ، ثم الطرق الصحيحة في رسم الخطوط .

خطوط الكتور . ومنه نوع مزدوج الرأس ويسمى في هذه الحالة قلم التحجير المزدوج Double-ruling pen ، أو قلم الطريق Road pen ، لأنه يستخدم في رسم الطرق المزدوجة الخطين . وهو أداة مفيدة جداً ولكنها تحتاج إلى مهارة معينة ؛ فلكي نرسم به خطوطاً منتظمة الشكل يجب أن يكون هناك ضغط متساو على التصلين ، كما يجب أن نمسك بالقلم في وضع عمودي على سطح ورقة الرسم . فهذه الأقلام المحورية – المنفردة أو المزدوجة – تستخدم بنفس الطريقة التي نستخدمها عند الرسم بقلم التحجير العادي ، فيما عدا أنها تستخدم عادة باليد الحرة الحركة – أي دون استعمال المسطرة التي توجه القلم العادي .

(٢) المقسمات : يستخدم المقسم – كما يدل اسمه – في تقسيم الخطوط إلى أجزاء متساوية ، وكذلك في نقل الأبعاد من المسطرة إلى ورقة الرسم . ويتكون المقسم من ساقين ينتهي طرف كل منهما بإبرة حادة ، بحيث يمكن فتح الساقين وضبطهما على المسافة المطلوبة . وهناك نوع آخر من المقسمات يسمى المقسم النسبي Proportional d. (شكل ١٥) وله مجموعتان من الأطراف الإبرية – مجموعة في أسفله وأخرى في أعلاه . ويمكن ضبط موضع المحور المتحرك بينهما ، بحيث أنه مهما كانت مسافة الفتحة بين أحد الطرفين ، فسوف تظل المسافة بين الطرفين الآخرين بنسبة ثابتة مع المسافة الأولى . والمقسم النسبي مفيد بصفة خاصة في حالة تكبير أو تصغير الأشكال غير المنتظمة .

(٣) الفرجار : يستخدم الفرجار بالطبع في رسم الدوائر والأقواس . وهناك عدة أنواع من الفرجار لرسم الأحجام المختلفة من الدوائر ، ولكن عادة ما يوجد في علبة طاقم أدوات الرسم فرجاران أساسيان ؛ أحدهما كبير والآخر صغير . ومعظم هذه الفرجار مصنوعة بحيث يمكن تبديل مكان القلم الرصاص بقلم تحجير . كما يوجد في طاقم أدوات الرسم ذراع اضافي يمكن تركيبه في تجويف الفرجار الكبير حتى يمكن رسم دوائر أكبر .

أما فرجار الدوائر الصغيرة فيسمى الفرجار السقاط Drop compass .



(شكل ١٥) بعض أنواع المقسم والفرجار .

لأن ذراع الريشة التحير في هذا الفرجار يتحرك ويدور بحرية حول محور الذراع الآخر المنتهي بالإبرة . وعندما نريد الرسم به نرفع ذراع الريشة إلى أعلى جزء في ذراع المحور ، ثم نوقع الإبرة على مركز الدائرة المراد رسمها ، ثم نترك ذراع الريشة يسقط مع برمه بسرعة ، فترسم الدائرة الصغيرة . ويمكن أن يتم كل هذا بيد واحدة .

ثالثا : الأقلام والرئيسش

تصنع أقلام الرصاص من مسحوق الجرافيت المخلوط بالطين النقي ومواد أخرى للتماسك ، ثم تغلف بخشب الأرز كما هو مألوف . والجرافيت لين ، وكلما زاد مقدار الطين المخلوط بالجرافيت كلما كان القلم الرصاص أكثر صلابة . ومن ثم تتفاوت الأقلام في درجة صلابتها ، إذ تبدأ أصلب الأنواع من 9H ، ثم النوع المتوسط HB ، وأخيرا ألين الأنواع 6B .

ونادراً ما تستخدم الأنواع اللينة في عمل الخرائط ، لأن الرصاص اللين لن يحافظ على بقاء السن الرفيع ، كما قد يسهل تلوث الرسم من زيت الخليط . لذلك كانت أنسب الأقلام في معظم الرسوم الكرتوجرافية هي 4H أو 5H من النوع الصلب . ولكن إذا استخدمنا أقلاماً أصلب درجة من تلك ، فسوف يتطلب الأمر ضغطاً كبيراً على الورق لكي يكون الخط مرئياً ، بالإضافة إلى أن هذا الضغط سوف يسبب خزاناً أو ثلماً في الورق . فإذا أردنا مسح الخط الرصاص فسيصعب يظل الحز مكانه واضحاً .

وهناك أيضاً تنوع كبير من الأقلام الملونة ، وهي مفيدة جداً حين تحتفظ مسودة الخريطة worksheet . فاستخدام الألوان المختلفة لتمييز الفئات المختلفة من البيانات يساعد على منع الأخطاء في الرسم النهائي . وإذا استخدمنا أقلام الرصاص الملونة في تلوين بعض المساحات على الخريطة ، فيحسن أن يكون التلوين خفيفاً ، ثم نذلكه بقطعة ورق نشاف ، وذلك لكي ينتج لدينا لوناً خفيفاً متساوياً فوق كل المساحة الملونة . وهناك أيضاً نوع من هذه الأقلام الملونة يمكن أن نطلي ألوانه الخفيفة بالبنزين أو أي مذيب آخر ، لنجد في النهاية لوناً خفيفاً متساوياً . وفي حالة إعداد خريطة للطباعة ، فيحسن أن نستخدم الأقلام الملونة الزرقاء لوضع أي علامات خاصة ، ذلك لأن اللون الأزرق لا يظهر في التصوير ، ومن ثم لن تظهر هذه العلامات المؤقتة في الخريطة المطبوعة .

وينبغي حفظ الأقلام بسن رفيع إذا أردنا استخدامها في رسم خطوط دقيقة ، وهذا أمر سهل إذا دلكنّا السن بقطعة من ورق السنفرة الخفيفة .

وكما أن هناك أنواعاً عديدة من الأقلام ، هناك أيضاً أنواع كثيرة من الريش pens التي تزود بالحبر من أجل الرسم . وأيا كان نوع الريشة ، فمن المهم جداً أن تحفظ نظيفة .

ومن أكثر أنواع الريش استخداماً في الرسم الكرتونجرافي هي الريشة ذات الطرف المسلوب (الرفيع) Quill-type ، وهي مصنوعة من نوع جيد من المعدن . وهناك تنوع عظيم منها ؛ فبعضها صلب جامد ويرسم خطوطاً متناسقة السمك ، وبعضها الآخر مرن جداً ويستخدم في رسم الخطوط التي تتطلب سُمكاً متغيراً — مثل خطوط الأنهار في الخرائط صغيرة المقياس . وعند الرسم ، يمكن غمس هذه الريش في زجاجة الحبر ، ولكن الأصوب هو أن نضع نقطة حبر بقطارة الحبر في الجانب الداخلي للريشة ، لأن ذلك سوف يساعد على إنتاج خطوط أدق وأجمل ، بالإضافة إلى أنه يسمح بتكرار تنظيف الريشة دون تبذير الحبر الزائد .

و يتم وصول الحبر إلى سن الريشة خلال شق طولي في وسط السن ، فإذا استمر الرسم بالسن دون تنظيفه فسوف تسد ذرات الكربون الدقيقة ذلك الشق ، وبالتالي يتعرق انسياب الحبر ولا يلامس بسهولة سطح الورقة . ولهذا السبب يجب أن تظل الريشة نظيفة جداً ، وذلك بأن نغمس الريشة في كوب ماء كل بضعة دقائق ، ثم نمسحها بقطعة قماش .

وهناك نوع ثانٍ من الريش عريضة السن Stub-pen ، وهي لا تختلف عن النوع السابق إلا من حيث شكل السن ، فهو هنا ينتهي بقطع عريض بدلاً من يكون مستدق الطرف . وهذه الريش مفيدة في كتابة الخريطة بخط اليد ، لأنها تصنع خطوطاً مختلفة السمك حسب تحريك الريشة عمودياً أو أفقياً على سطح ورقة الرسم .



(شكل ١٦) بعض أنواع ريش التحبير .

وثمة نوع ثالث من الريش ، وهو ما يعرف باسم « ريشة التشهيل » Speedball-pen . وهذه عبارة عن سن ريشة عادية ، ولكن طرف السن ينتهي بزائمه دائرية (شكل ١٦) أو مربعة الشكل مصنوعة بزاوية معينة . بحيث إذا أمسكنا الريشة في الوضع المعتاد فسوف تنطبق الزائدة تماماً على سطح الورق . وهناك درجات مختلفة لكل نوع من أشكال زائدة الريش وذلك لرسم خطوط مختلفة السمك . وفي الريشة نفسها خزان صغير للحبر يملأ بالقطارة .

ريش الخزان : هناك أيضاً نوع خاص من الريش ، يتركب أساساً من اسطوانة صغيرة تشمل خزان الحبر وتنتهي بسن دائري مجوف ، وهو على درجات مختلفة السمك بحيث ترسم كل درجة خطاً متناسقاً بسمك معين . ومن أهم الأسماء التجارية لهذه الأنواع من الريش ذات الخزان : استاندرد جراف Standardgraph (شكل ١٦) ، يونو pen Uno ، ليروي Leroy .

ويتصل بهذا النوع من ريش الخزان ، تلك الأقلام المصنوعة على شكل أقلام الحبر العادية . وبذلك تحتوي على خزان كبير للحبر الأمر الذي لا

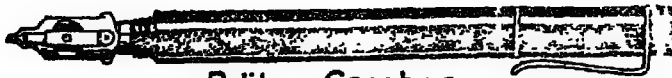







يستلزم إعادة ملء الريشة بالحبر على فترات قصيرة . وهناك عدة أنواع من هذه الأقلام ذات الخزان ، ومن أشهر أسمائها التجارية : الراييدوجراف Rapidograph ؛ استاندر دجراف ؛ ثم قلم الجرافوس Graphos . ولكل نوع من هذه الأقلام طاقم من السنون المختلفة الحجم والتي ترسم خطوطا مختلفة السمك ، ويمكن استبدال أي سن منها بآخر يتم تركيبه في يد القلم حسب الحاجة أثناء عملية الرسم والتحجير .

ويتميز قلم الجرافوس بالذات بأن له سبعة مجموعات (شكل ١٧) ، وتختلف كل مجموعة عن الأخرى في شكل السن . فمثلا المجموعة الأولى يرمز لها بسن حرف A لرسم الخطوط الرفيعة الدقيقة (تشمل هذه المجموعة تسعة سنون حرف A يتدرج سمك خطوطها من ٠,١ مم إلى ٠,٦ مم) . وهناك أيضا مجموعة سن حرف T لرسم خطوط أكبر سمكا (من ٠,٨ مم إلى ١,٠ مم) ؛ ثم مجموعة سن حرف R الذي ينتهي بطرف مجوف ويستخدم للرسم باليد الحرة ، وهكذا .

رابعا : أوراق الرسم :

هناك تنوع عظيم من السطوح المستخدمة في عمل الخرائط وتدرج من الورق العادي إلى أوراق القماش ثم البلاستيك . ولذا قد يصعب على المبتدئ اختيار أصلح الأنواع التي تناسب خريطته وما يهدف من وراء رسمها . ويتطلب أي رسم احتياجات معينة من الورقة المعدة له . وفيما يلي أهم خصائص الأوراق والسطوح المختلفة المستخدمة في الرسم الكرتونجرافي :

(١) الثبات البعدي : وهذا يشير إلى قدرة المادة المكونة للورق على تحمل تغيرات الحرارة والرطوبة دون أن تتقلص أو تتمدد . وهذا أمر مهم في رسم الخرائط التفصيلية من أجل المحافظة على مقاييس الرسم وثبات أبعادها ، ومهم أيضا عندما نرسم سلسلة من الخرائط المتطابقة — وبخاصة عندما يتطلب الأمر طبع خريطة بها أكثر من لون واحد (ففي هذه الحالة ترسم خريطة لكل لون بحيث تتطابق فوق بعضها في النهاية) .

 Pelikan Graphos		
للخطوط الرفيعة الدقيقة ٩ سنوك	من ١٠ مم إلى ٦ مم	A 
للخطوط العريضة ٨ سنوك	١٠ مم ٨ مم	T 
سِن أنبوي ١٢ سن	٣ مم ٣ مم	R 
سِن دائري ١٢ سن	٥ مم ٩ مم	O 
سِن منحرف جهة اليمين للهاية خطوط المربعات ٧ سنوك	٥ مم ٨ مم	N 
سِن منحرف جهة اليسار للهاية خطوط المربعات ٥ سنوك	٥ مم ٨ مم	Z 
ممنون للرسم باليد الحرة	B, HB, H, K متوسط الصلابة	S 

(شكل ١٧) أنواع سن ویش التحير الخاصة بقلم « پليكان جرافوس » .

(٢) إلتصاق الحبر : وهذا يشير إلى قدرة السطح على « الإمساك » بالحبر . فبعض السطوح مسامية نوعاً ، لدرجة أن الحبر يتعمق قليلاً ويلتصق بألياف الورقة عندما يجف . وهناك أوراق أخرى مندمجة جداً بحيث يخف الحبر ببساطة على سطحها ، وبالتالي يصبح من السهل أن يتشقق الحبر ويمسح .

(٣) الشفافية : وهذا يشير إلى السهولة التي يمكن بها أن نرى خلال مادة الورق . وهذا أمر من الأهمية بمكان في الرسم الكرتونجرافي ، ليس فقط لأن قدرأ عظيماً من « الشف » يتم عادة ، ولكن لأن كثيراً من الرسم المعد للطباعة يتم أيضا على لوحات منفصلة يحسن أن تكون شفافة لضمان تطابقها .

(٤) نوعية السطح : وهذا يشير إلى نعومة أو خشونة السطح . ونوعية السطح ذات أثر واضح في استقامة الخط ودقته .

(٥) قابلية السطح للمسح والكشط : تتطلب بعض أنواع الرسم الكرتونجرافي الكثير من محو خطوط القلم الرصاص ، مثلاً في حالة رسم الظواهرات الأرضية وأشكال السطح ، وذلك قبل أن يتم تحبير هذه الرسوم على نفس لوحة الورق . ولهذا يحسن أن يكون هذا الورق من النوع الجامد الكثير الاحتمال .

(٦) رد الفعل للبلل : قد يستدعي الأمر تلوين الخريطة بالألوان المائية والأحبار . ومن ثم فمادة الأوراق التي تتجعد وتتكرمش بكثرة عندما تبلل بالألوان لا تصلح لرسم مثل هذه الخريطة .

هذه هي أهم الخصائص التي تتطلبها عمليات الرسم من الورق . وينبغي على الكرتونجرافي أن يعرف مدى استجابة الوسيلة التي سيرسم عليها ما يريد تحقيقه .

وتتمثل الوسائل الكرتونجرافية التقليدية في : ورق الشف أو الكالك Calque ؛ وورق الشف القماشي tracing cloth ؛ ثم ورق الرسم المألوف . وفي السنوات الحديثة أصبحت أوراق البلاستيك plastics والنسيج الزجاجي glass cloth منتشرة الاستخدام في الرسم الكرتونجرافي .

وتصنع أوراق الشف، - الكالك - من القش وسوق نبات الذرة ، وتستخدم الوسائل الكيميائية لجعلها شفافة . وهذا النوع من الورق مفيد جداً

في رسم الخرائط وفي نسيجها (أي شفها) ، وكذلك في عمل الرسوم التخطيطية (الكروكية) sketching . وتختلف أوراق الشف من حيث السمك والمتانة ، فالأوراق الرفيعة السمك (٥٠ جرام مثلاً) ضعيفة نسبياً ولذا لا توصي باستعمالها في معظم رسوم الخرائط . أما الأنواع المتوسطة السمك فتتراوح حول ٩٠ جرام (١٥٠ جرام عبارة عن ورق سمك وباس) .

ويباع ورق الكلك بالمتر أو في علب اسطوانية تشتمل الواحدة منها عدداً كبيراً من الأمتار (٢٠ متر مثلاً) ، يصل عرضها إما إلى ٧٥ سم أو ١١٠ سم . وتباع هذه الأوراق تحت أسماء تجارية متعددة ، مثل ورق الكانسون Canson الجيد ، وورق جيتواي Gateway .

أما أوراق الشف القماشية ، فسطحها مصقول بالغراء ، وهي أكثر احتمالاً من الكلك وتستخدم في الرسم الذي يكثر تناوله بصفة خاصة . وليست عملية الرسم أمراً سهلاً على هذه الأوراق القماشية ، إذ كثيراً ما يعرقل للغراء سير القلم على سطح الورق . وعموماً ، نلاحظ أن كل أوراق الشف يمكن أن تتجعد إذا تعرضت للبلل الكثير .

أما أوراق الرسم العادية ، فتتنوع من حيث الخصائص والسمك والسطوح ، وهي غير شفافة نسبياً ، ولكنها تمثل سطحاً ممتازاً للرسم ولا تتأثر الأنواع الجيدة منها بالبلل . ومن أشهر أنواع ورق الرسم والتي يباع عادة في لوحات مختلفة الحجم : ورق برستول Bristol وسرثمور Strathmore .

وقد ظهرت حديثاً أنواع كثيرة من سطوح الرسم المصنوعة من البلاستيك^(١) ، وتلج سطوح لوحات البلاستيك من السطح الناعم إلى السطح غير اللامع matte ، وتوجد في درجات مختلفة من الشفافية والسمك .

(١) خاصة من بلاستيك البولي فينيل polyvinyl الذي يعرف تجارياً باسم « Vinylite » ؛ وبلاستيك البوليستر polyester الذي يعرف تجارياً باسم « Mylar » . وهذه هي بعض الأنواع الأمريكية . وهناك أنواع تحت أسماء تجارية أخرى مثل Melinex, Permatrace .

وهناك مميزات كثيرة للوحات البلاستيك ، منها صلاحيتها لرسم الخرائط الكثيرة الألوان ، وهي أكثر احتمالاً من الورق ، ولا تمتص الرطوبة من الجو ، كما أنها ثابتة الأبعاد إلى حد كبير . ومع ذلك ، فبعض أنواع البلاستيك لها عيوب أيضا ، إذ نجد بعضها صلب للغاية وبحيث يجعل أدوات الرسم تبلى بسرعة ، كذلك لا تلتصق بها أحبار الرسم العادية لالتصاقاً جيداً ، وبالتالي فقد يؤدي المسح غير الحذر إلى تشويه وارتفاع الرسم المحبّر .

ويجب أن نضيف إلى كل هذه الأنواع مجموعة أخرى من الأوراق الخاصة ، التي يستعان بها في الرسوم الكرتوجرافية ؛ ومنها ورق القطاعات الطولية profile papers (الذي يستخدم مثلاً في رسم قطاع مستطيل يمثل انحدار النهر من منبعه إلى مصبه) ؛ وورق القطاعات العرضية أو المستعرضة cross-section ؛ وورق شبكات المربعات (سواء بالسنتيمتر أو البوصة) الذي يستخدم في الرسوم البيانية وفي قياس المساحات بالخرائط . وتطبع هذه الأوراق الخاصة إما على سطوح شفافة أو غير شفافة ، ويمكن أن نحصل عليها باللون الأزرق الذي لا يظهر في الطبع بعد رسم الأشكال البيانية المطلوبة .

خامساً : أحبار الرسم :

يسمى الحبر الأسود المستعمل في أغراض الرسم بالحبر الهندي Indian ink ، وله عدة أصناف في الأسواق . وقد سماه الأوربيون بهذا الاسم لأنه كان قديماً يباع في شكل أقراص جاءت إليهم من الهند أصلاً ، وكانوا يخففونه بالماء .

أما في الوقت الحاضر فيباع هذا الحبر منادياً وجاهزاً . وهو يتكون من ذرات الكربون الدقيقة جداً والمذابة في سائل يتألف من عناصر مختلفة . ولهذا السائل نفس الكثافة النوعية للكربون ، ولهذا لا يستقر الكربون وإنما يظل معلقاً في السائل دوماً . والحبر الهندي كثيف السواد ، ومن ثم له خصائص ممتازة في التصوير الفوتوغرافي لغرض الطباعة . وهو يحف بسرعة - ربما أسرع

ما ينبغي بالنسبة للرسم الدقيق في الخرائط . ومعظم أصناف الحبر الهندي لا تتأثر بالماء waterproof ، أي أن الحبر لا يذوب أو « يسبح » إذا إبتل بالماء بعد أن يكون قد جف . وهناك أيضا عدة أصناف من الأحبار الملونة التي لا تتأثر بالماء ، وهي شفافة وتستخدم في رسم الخرائط الملونة .

كذلك هناك أحبار خاصة - سوداء وملونة - بالرسم على لوحات البلاستيك . وهي مركبة بحيث تصبح جزءاً من سطح لوحة البلاستيك ، وبالتالي يصعب إزالتها إذا أردنا تصحيح بعض أخطاء الرسم . كما أنها أكثر جواماً من الحبر الهندي العادي ، ومن ثم لا يمكن استخدامها في بعض الأنواع من أقلام الريشر .

ومن الجدير بالذكر أن أوراق الشف العادية (الكلك) والقماشية وكذلك المصنوعة من البلاستيك الشفاف تلتقط عادة الزيت من الأيدي ، بل هي أوراق زيتية أو زلقة ملساء بسبب طريقة صنعها . وقد لا يلتصق حبر الرسم إذا كان السطح زيتياً ، وقد « يتنقل » ويتقطع لهذا السبب ، الأمر الذي ينتج لنا خريطة ركيكة الرسم والمظهر . ولهذا ، كان من الضروري أن نزيل مثل هذه الأغشية الزيتية قبل أن نبدأ عملية التحبير . ويمكن أن يتم هذا بسهولة بالنسبة لورق الكلك إذا مسحنا السطح بمسحوق مجهز تجارياً لهذا الغرض بالذات . أما بالنسبة للوحات البلاستيك الشفافة فيمكن تنظيفها باستعمال محلول النشادر ammonia بدرجة تركيز ٢٨ ٪ (تذاب أوقية في لتر من الماء) - أو حتى بالصابون العادي والماء .

وفي حالة وجود خطوط زائدة أو أخطاء نريد إزالتها بعد التحبير ، فيمكن أن يتم هذا بالكشط بواسطة شفرة الحلاقة بالنسبة لورق الكلك ، أو باستخدام طلاء أبيض غير شفاف بالنسبة لأوراق الرسم الأخرى .

سادساً : تظليل المساحات على الخرائط :

التظليل جزء أساسي في رسم كثير من الخرائط ، وذلك للتمييز بين

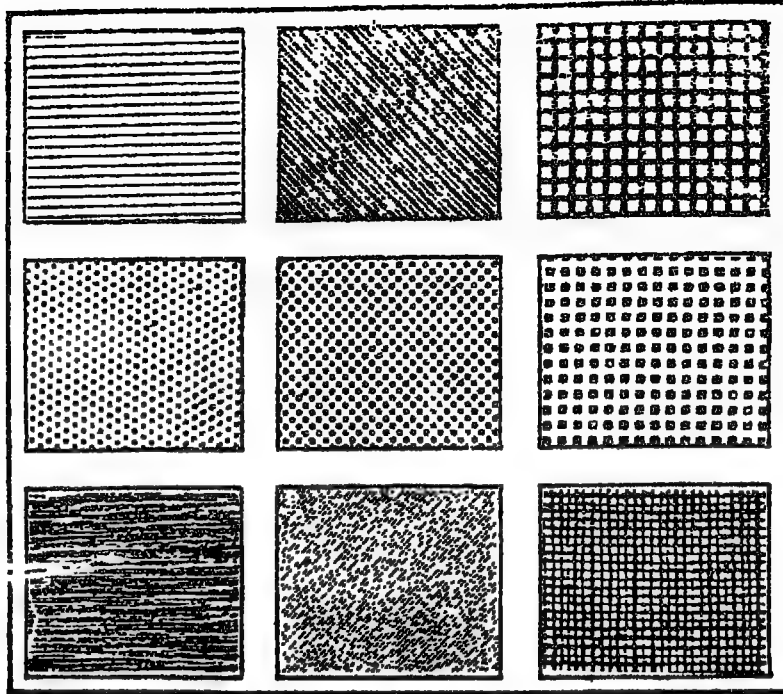
منطقة وأخرى . ويمكن إنجاز التظليلات المختلفة سواء يرسمها يدوياً كما في حالة ملء المساحات بالخطوط المتوازية أو بالتنقيط ، أو باستخدام لوحات التظليل المطبوعة تجارياً لهذا الغرض .

وكثيراً ما يقوم الكروتوجرافي بجهد كبير في عملية تغطية المساحات على الخريطة بأنماط التظليل الخطي والتنقطي ، وذلك يرسمها بنفسه . ويمكنه أن يستعين بجهاز التبشير الآلي في رسم الخطوط المتوازية المتقاربة ، أو بورقة شبكة المربعات حين يضعها تحت الخريطة الشفافة (أو يستخدم منضدة الشف المضاءة إذا كان ورق الخريطة غير شفاف) .

وفي حالة الرغبة في تصغير الخريطة بعد رسمها لغرض الطبع ، يجب أن يراعى الكروتوجرافي ألا تكون النقاط صغيرة جداً (لأنها قد تختفي بعد تصغير الخريطة بالتصوير الفوتوغرافي) أو متلاصقة جداً لأنه قد ينشأ بعد التصغير ما يشبه البقع أو « الشافطة » على الخريطة ، خاصة إذا كان نوع الورق غير جيد .

وهناك على العموم أنواع كثيرة من اللوحات المطبوع عليها أنماط التظليل المختلفة من خطوط وتنقط ورموز أخرى كثيرة ، وهي كلها مطبوعة بطريقة آلية (شكل ١٨) . وهذه اللوحات عبارة عن ورق شفاف من نوع السيلوفان الرقيق جداً وظهرها مزود بمادة شمعية لاصقة تحمي ورقة أخرى من أسفل . ومن أهم أنواع هذه اللوحات المطبوعة النوع المعروف باسم « ورق الزياتون » Zip-A-Tone الذي توجد منه لوحات تتضمن نحو ١٨٠ تظليلاً مختلفاً ، كما أن هناك لوحات زياتون عليها ٩٩ رمزاً آيانياً خاصاً — مثل الرموز الخاصة بالتوزيعات الجيولوجية والنباتية وغيرها :

وعادة ما تكون رموز وتظليلات أوراق الزياتون باللون الأسود ، ولكن هناك أيضاً لوحات الزياتون الملونة والتي تشمل ٢٧ لوناً مختلفاً منها الأزرق الفاتح والأزرق المتوسط والداكن والأخضر بدرجاته الثلاث والأصفر



(شكل ١٨) بعض أنماط أوراق التظليل الآلي .

والرمادي والأحمر والبرتقالي وغيرها من الألوان . وفيما عدا اللون الأحمر ، نجد هذه الألوان قليلة الاستخدام في الكرتوجرافيا .

وتوجد لوحات الزياتون في حجم ورقة الفولسكاب العادية (٢٠ × ٣٠ سم) ، كما توجد لوحات جديدة أكبر حجماً من ذلك (٤٢ × ٥٦ سم) .

وحينما يريد الكرتوجرافي استخدام نمط معين من ورق الزياتون في تغطية مساحة معينة على خريطته ، فيبدأ أولاً بترع جزء من ورقة السيلوفان المطبوعة من غلافها الواقعي ثم يضعها بعناية على المساحة المطلوبة ، ثم يدلك ورقة الزياتون بقطعة ورق مقوى بحيث يبدأ من أسفل ويكون التدليك من اليسار إلى اليمين ، ثم ينتقل تدريجياً إلى أعلى حالماً تلتصق ورقة الزياتون بالخريطة . يقطع بعد ذلك

الأجزاء التي لا يريد لها من ورقة الزياتون ؛ برة القطع الخاصة لهذا الغرض أو بأي إبرة حادة كما لو كان يستخدم ريشة التحبير . وبعد ذلك يعود مرة أخرى إلى تدليك الورقة والضغط عليها لأن ذلك سيضمن الالتصاقها تماماً بالخريطة . ويجب أن يكون متبها تماماً أثناء هذه العملية خشية أن تلتصق الأجزاء الزائدة من الزياتون بخطوط الخريطة المحيرة فتتزع الحبر منها وتلفها .

وفي حالة الخرائط التي تعد للتصوير لغرض طباعتها ، يمكن أن نستخدم ورق الزياتون الأحمر شبه الشفاف في تغطية المساحات التي كان ينبغي أن تغطي بالزياتون الأسود المصمت ، وذلك لأنه قد يستحيل أن نرى خلال اللون الأسود أثناء عملية ضبطه على المساحة المعنية ، بينما يمكن ذلك في اللون الأحمر المصمت ، وهو في النهاية يظهر أسوداً في التصوير تماماً كاللون الأسود .

وينبغي على الكرتونجرافي أن يكون على دراية بعلاقة التظليلات ومدى ملاءمتها حين تصغر الخريطة بالتصوير الفوتوغرافي ، وكذلك كيف يعد سلسلة من التظليلات المتدرجة لكي توضح التدرج أو الاختلاف في درجة الكثافة لتوزيع ظاهرة معينة ، فهذه كلها أمور تتطلب قدراً عظيماً من المراسم والتجربة .

مراجع الفصل الثالث

- Hunter-Penrose-Littlejohn Ltd., Graphic Arts Technicians' Hand- - ١
book (numerous reprints), London.
- Monkhouse, F.J. and Wilkinson, H.R. (1971), Maps and Diagrams, - ٢
3rd ed., Methuen : London (pp. 1-12).
- Raisz, E. (1948), General Cartography, 2nd ed., New York - ٣
(Ch. 15).
- Robinson, A.H. (1960), Elements of Cartography, New York - ٤
(Ch. 3).

الفصل الرابع

أساسيات الخريطة

يجب أن تتضمن الخريطة الكاملة عدداً من الأسس الهامة ، التي لا يمكن أن نقرأ الخريطة قراءة صحيحة دون هديها . وهذه الأسس هي : عنوان الخريطة **title** ، ومفتاح أو دليل الخريطة **legend** ، ومقياس الرسم **scale** ، ودليل الموقع **location** (أي شبكة خطوط العرض والطول) ، ثم الاتجاه **direction** .

وسنحاول في هذا الفصل أن نتناول هذه الأسس بشكل عام ، مع إرجاء دراسة مقاييس الرسم إلى الفصل التالي ، ذلك لدلالاتها الخطيرة في الكرتوجرافيا . ومن الثابت أن القارئ لا يمكن أن يقرأ خريطته بشكل صحيح إذا لم يدرك تماماً معنى مقياس الرسم .

عنوان الخريطة

تبدأ قراءة الخريطة بملاحظة إسمها أو عنوانها ، فالعنوان يخبر القارئ بموضوع أو محتوى الخريطة ، مثلاً : الوحدات السياسية في أوروبا ، أو المتوسط السنوي للأمطار ، أو توزيع السكان في العالم . وقد يحمل عنوان الخريطة إسم

أهم مركز عمراني في هذه الخريطة ، أو لإسم الاقليم الذي تغطيه الخريطة —
مثل إقليم الرور أو إقليم البقاع .

وحين نخطط لرسم الخريطة ، تبرز مسألة العنوان -كجزء مهم في عملية التصميم ؛ فالعناوين على الخرائط تخدم في الواقع عدداً من الوظائف . فكما ذكرنا — يخبر العنوان القارئ بموضوع الخريطة ، وفي هذه الحالة تصبح أهمية العنوان كأهمية البطاقة على زجاجة الدواء . وفي حالات أخرى نجد أن بعض الخرائط واضحة في مادة موضوعها حتى أنها لا تحتاج في الحقيقة إلى مثل هذا العنوان . ومع ذلك فغالبا ما يكون العنوان في مثل هذه الأحوال مفيداً لمصمم الخريطة نفسه . لأنه قد يجد في « شكل » العنوان أداة تساعد في توازن تركيب الخريطة (كأن يضع العنوان مثلاً في الجزء الخالي من الخريطة حتى يحفظ توازنها من الناحية المرئية) .

وليس من السهل أن نعمم ما ينبغي أن يكون عليه شكل العنوان ، لأن ذلك يعتمد كلية على الخريطة وموضوعها والغرض منها . فمثلاً لنفرض أننا رسمنا خريطة تبين توزيع كثافة السكان (في الكيلومتر المربع) في الأرض الزراعية في مصر حسب بيانات تعداد سنة ١٩٦٠ ، فمن الممكن أن نكتب عنوان هذه الخريطة حسب الأغراض التالية :

١ — إذا كانت الخريطة ستظهر في كتاب مدرسي عام يدرس موضوع كثافة السكان في العالم في نفس الفترة ، فقد يكفي أن يكون عنوان الخريطة « مصر » فقط ، لأن الوقت والموضوع قد يكونا معروفين .

٢ — وإذا كانت الخريطة ستظهر في دراسة تتعلق بحالة الغذاء في منطقة الشرق الأوسط (أو إفريقيا مثلاً) في نفس الفترة ، وكان في هذه الخريطة دليل يؤكد بعض حقائق البحث ، فيمكن أن يكون العنوان « توزيع كثافة السكان في مصر » .

٣ — أما إذا كانت هذه الخريطة ستظهر في كتاب أو بحث يختص بدراسة

التغيرات في توزيع الكثافة السكانية في مصر ، فينبغي أن يكتب العنوان كاملاً كما يلي : « توزيع كثافة السكان في مصر - سنة ١٩٦٠ » .

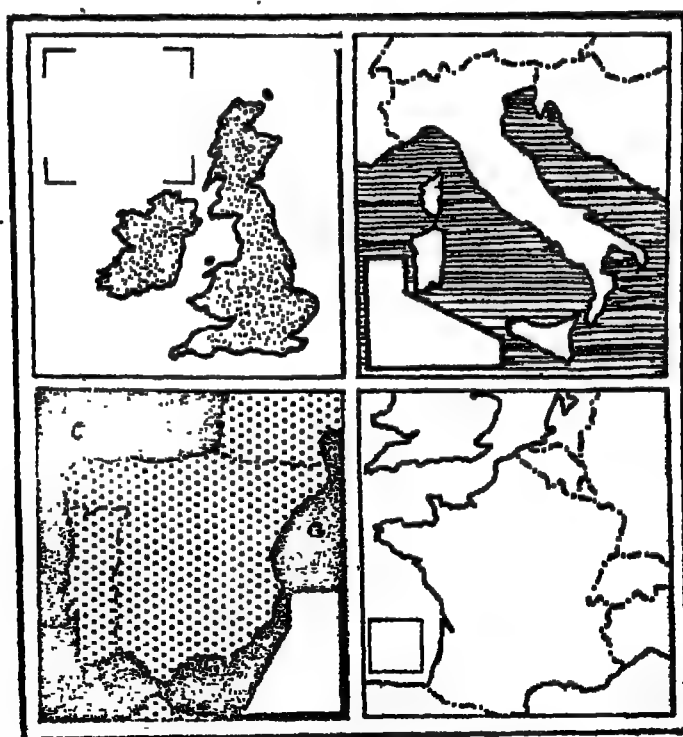
ومجمل القول أن العنوان يجب أن يُفصّل حسب المناسبة التي استدعت رسم الخريطة . كذلك يجب أن تتناسب درجة البروز والاهتمام البصري الذي يعرضه العنوان (من خلال طراز الخط وحجم وسواد الحروف المستخدمة) مع تصميم الخريطة والغرض منها .

وفي الخرائط الكبيرة المقياس ، قد نجد سلسلة من لوحات الخرائط المطبوعة - بنفس مقياس الرسم - تغطي في مجموعها دولة معينة أو إقليماً من الأقاليم ، مثل اللوحات العديدة التي تكون أطلس مصر الطبوغرافي بمقياس ١ : ١٠٠,٠٠٠ وتحمل أي لوحة في مثل هذه السلسلة أرقاماً أو حروفاً أبجدية لكي تبين مكانها داخل الإطار العام الذي تمثله كل مجموعة خرائط هذه السلسلة . فإذا أردنا أن نعرف مكان لوحة معينة ، أو ما يجاورها من لوحات خرائط هذه السلسلة ، نرجع إلى رقم هذه اللوحة في دليل اللوحات ، وهو عبارة عن رسم بياني صغير ومقسم حسب شكل وترتيب كل لوحة في هذه السلسلة ، بحيث يشمل مكان كل لوحة رقمها الخاص بها . وعادة ما يرسم هذا الدليل البياني في هامش كل لوحة ، أو على غلاف مجموعة هذه السلسلة إذا كانت خرائطها مرتبة في شكل أطلس .

دليل الخريطة

المفتاح أو الدليل أمر لازم في معظم الخرائط ، لأنه يشرح ما تعنيه الرموز المختلفة والمستخدم في رسم الخريطة . وقد تُرسم الخريطة لتبين توزيع ظاهرة واحدة فقط ، وفي هذه الحالة قد نكتفي بالعنوان ويمكن حذف المفتاح ، لأن البيانات التي سيحويها هذا المفتاح ليست ضرورية . غير أن أغلب الخرائط على كل حال ، تبين عدداً من الظواهر التي تمثلها رموزاً مختلفة ، وهنا

يصبح من الضروري أن نميزها عن بعضها البعض - وذلك عن طريق المفتاح .
 ويجب أن يتذكر الكرتونجرافي قاعدة أساسية حين يصمم خريطته ، وهي
 أن أي رمز لا يكون واضحاً في حد ذاته ، لا ينبغي استخدامه في الخريطة إلا
 إذا تم تفسيره في المفتاح . بل يجب أيضاً أن يظهر أي رمز مشروح في المفتاح
 كما يظهر تماماً على الخريطة ، إذ من الضروري أن يرسم بنفس الحجم والشكل .
 ويمكن تأكيد أو تقليل أهمية إطار المفتاح عن طريق تغيير شكله أو حجمه
 أو علاقته بخلفية الخريطة . ويوضح (شكل ١٩) أنواعاً مختلفة من إطارات
 مفتاح الخريطة . وفي الماضي ، كان الرسامون يضعون مفاتيح الخرائط داخل
 إطارات جميلة ومزخرفة للدرجة أنها كانت تجذب الكثير من الانتباه . أما في



(شكل ١٩) أشكال مختلفة من إطارات مفتاح (أو دليل) الخريطة .

الوقت الحاضر ، فمن المسلم به عموماً أن محتويات المفتاح أكثر أهمية من شكل إطارها . ولهذا فعادة ما نجعل الإطار بسيطاً .

الموقع

يتحدد الموقع على كثير من الخرائط بواسطة خطوط العرض والطول المرفقة . وتبين هذه الوسيلة « اتجاه » الخريطة في نفس الوقت ، طالما أن خطوط العرض تمتد في اتجاه شرقي غربي وخطوط الطول في اتجاه شمالي جنوبي . وهناك بعض أنواع من الخرائط — مثل خرائط الطرق الصغيرة المقياس وخرائط التوزيعات الكمية التي تهتم بدرجات كثافة التوزيع أكثر من اهتمامها بتفاصيل الموقع — يمكن أن تتجاهل رسم شبكة خطوط العرض والطول لبيان الموقع ، على أساس أن القارئ لا يهتم بمواقع أكثر مما تبينه الخريطة نفسها . وعلى أية حال ، تحتاج معظم الخرائط الكبيرة المقياس إلى رسم شبكة خطوط العرض والطول الرئيسية . ولذا يحسن أن نلم بكيفية رسم هذه الخطوط على سطح الأرض ، وكذلك بعض الحقائق المتصلة بها والتي تهتم الجغرافي والكرتوجرافي بصفة خاصة .

١ — حاجة الإنسان إلى نظام الاحداثيات :

لكي نوقع نقطة على أي سطح فمن الضروري أن يكون لدينا مفاهيم وتحديدات للاتجاه والمسافة . وكل المواقع المكانية نسبية ، ولهذا يجب أن نتحدد هذه المواقع بالنسبة لدليل معين أو « نقطة الأصل » — كما ينمينا علماء الرياضيات . فإذا عينا مثل هذه النقطة الأساسية ، يمكن حينئذ أن نحدد موقع كل نقطة أخرى على السطح على مسافة معينة واتجاه معين من نقطة الأصل . وليست هناك نقطة أصل طبيعية على سطح مستوي plane غير محدود ، أو على سطح كروي ساكن لا يدور — وهذا معناه أن كل نقطة تشبه أي نقطة أخرى على مثل هذا السطح .

وفي علم الرياضيات mathematics ، طور العلماء نظاماً تحكيمياً لبيان الموقع على سطح المستوى ، وذلك بتعيين « نقطة الأصل » عند تقاطع خطين أو محورين متعامدين (س ، ص) . ثم يقسم سطح المستوى بعد ذلك إلى شبكة قائمة الزوايا وذلك بإضافة خطوط على مسافات متساوية وموازية لكلا المحورين - كما هو الحال في شبكة خطوط ورق المربعات المألوف .

ولكي نعين موقعا نسبيا على سطح الأرض ، نلجأ إلى استخدام نظام مماثل لنظام هذه الاحداثيات (وإن كان نظام إحداثيات الأرض أقدم عهداً بكثير) . ولكن سطح الأرض سطح مقوس في كل الجوانب ، أي أنه ينحني بعيداً في كل اتجاه من كل نقطة ، ومن ثم يستحيل استخدام الخطوط المستقيمة المتوازية - كما في نظام الاحداثيات الرياضية . ومع ذلك فهذان النظامان من شبكات الخطوط (أو الاحداثيات) متشابهان في عدد من الخصائص . ففي نظام احداثيات الأرض الكروية تتعامد خطوط الشبكة على بعضها البعض ، ولكنها لا توازي بعضها الآخر إلا في مجموعة واحدة فقط من هذه الخطوط - أي في حالة خطوط العرض فقط .

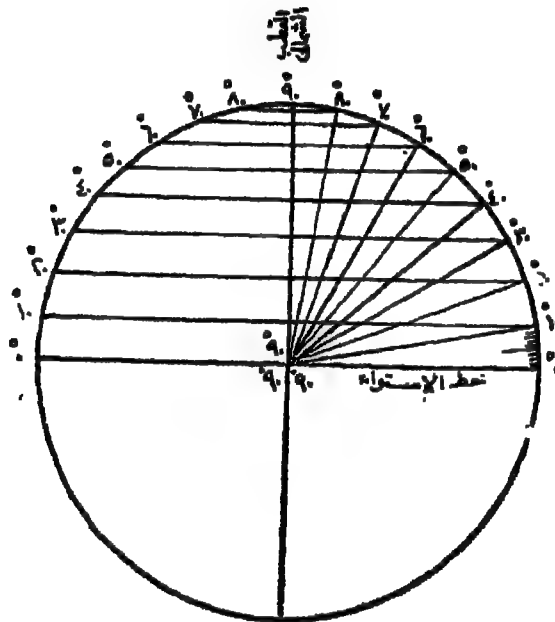
ومن حسن الحظ أن الطبيعة قد حددت نقطتان مناسبتان كتقطعي أصل ؛ وهذان هما القطبان أو النقطتان حيث يتقاطع محور الأرض مع السطح الكروي . وفي نظام احداثيات الأرض ، تسمى الخطوط العرضية بالتوازيات parallels أو خطوط العرض latitudes ، أما الخطوط الطولية فتسمى خطوط الطول meridians or longitudes . وتحدد الانجماحات الأساسية على سطح الأرض عن طريق ترتيب هاتين المجموعتين من الخطوط .

٢ - شبكة خطوط العرض والطول :

يختلف شكل الأرض اختلافاً طفيفاً عن الشكل الكروي الصحيح ، فهي منتفخة عند خط الاستواء ، وبالتالي هناك فرطحة أو انبساطاً طفيفاً عند الأجزاء القطبية . وبذلك أصبح هناك فرق يبلغ نحو ٢١,٥ كيلومتر (١٣,٣ ميل) بين

طول نصف القطر الاستوائي ونصف القطر القطبي - الإستوائي بالطبع هو الأطول (١١) .

وبسبب دوران الأرض حول نفسها ، أصبح عليها نقطتان طبيعيتان (القطبان) يمكن أن نتخذهما كنقطتي أصل . وقد استدعت حاجة الإنسان منذ القدم ابتكار شبكة من الخطوط لكي تستخدم في تعيين المواقع على سطح الأرض . وكان الإغريق هم الذين ابتكروا هذا النظام الشبكي لإحداثيات الأرض منذ نحو ٢٢٠٠ سنة مضت .



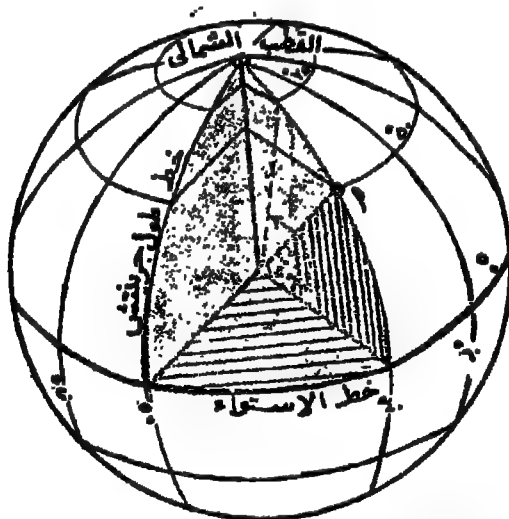
(شكل ٢٠) يُقاس بعد المكان عن خط الإستواء بمقدار الزاوية المحصورة بين هذا المكان ومركز الأرض .

(١) أظهرت الدراسات الجيوديسية (الخاصة بتقوس سطح الأرض) المعتمدة على معلومات الأقمار الصناعية (التي بدأ بها عصر الفضاء في سنة ١٩٥٧) ، أن درجة الفُرطحة في العروض القطبية هي في الحقيقة أقل نوحاً مما كان معتقداً من قبل . راجع :

The Marshall Covendish Learing System (1969) , The Making of Maps, London, pp. 25-27.

وتمثل نقطتنا البداية في هذا النظام نهائي المحور الذي تدور الأرض عليه :
القطب الشمالي والقطب الجنوبي . وقد تصور الإغريق دائرة عظيمة تقع في
منتصف المسافة بين نقطتي القطبين ونمر حول الأرض ومن ثم تقسمها إلى
قسمين متساويين — ومن هنا سميت بدائرة خط الاستواء Equator . ثم
تصوروا دوائر أصغر يوازي كل منها دائرة خط الاستواء ، وهي تعين
مسافة الزاوية بالدرجات شمالاً أو جنوباً بين دائرة خط الاستواء والقطبين .
ولعلاقة هذه الدوائر الأصغر بخط الاستواء وبعضها البعض ، فقد سميت
بالموازيات parallels أو خطوط العرض .

ويصور (شكل ٢٠) ببساطة كيف أمكن رسم خطوط العرض شمال
خط الاستواء والتي يبلغ عددها هناك ٩٠ دائرة خط عرض (وبالمثل هناك
٩٠ دائرة خط عرض أخرى جنوب خط الإستواء) . وكل خط عرض منها
يمثل درجة مقاسة من مركز الأرض — تذكر أن ربع الدائرة يساوي ٩٠° .
كذلك يمكن أن نتخيل من (شكل ٢١) كيف رُسِمَت مثلاً دائرة خط عرض



(شكل ٢١) رسم تخطيطي يبين مقدار زاوية دائرة العرض ٥٠° شمالاً ،
المقاسة من مركز الأرض عند مستوى خط الاستواء .

٥٠° شمالاً - فهي على سطح الأرض المقوس تبعد عن خط الاستواء بمقدار ٥٠° مقامة من مركز الأرض عند مستوى خط الإستواء . فخط العرض إذن هو عبارة عن مسافة الزاوية شمال أو جنوب خط الاستواء ، والمقاسة من مركز الأرض بالدرجات .

وكل خطوط العرض ، بما فيها خط الاستواء ، هي دوائر تحيط بالأرض في اتجاه شرقي غربي ؛ ولما كانت كل دائرة تنقسم إلى ٣٦٠° ، فمن الممكن أن تُرسم سلسلة من الخطوط الطولية خلال التقسيمات المقابلة لهذه الدرجات على كل دائرة عرض . حيثُ ستتمدد كل هذه الخطوط الطولية شمالاً وجنوباً وستكون متساوية المسافات شرقاً وغرباً على كل دائرة عرض . هذه الخطوط الطولية هي ما نعرفها باسم «خطوط الطول» ، وهي تقطع دوائر العرض بزوايا قائمة (أي عمودية عليها) . وبرسم هذه الخطوط يتكون النظام الشبكي للأرض - وهو وهمي كما نعلم .

ورغم أنه لم يكن من الصعب على الإغريق أن يحددوا درجات خطوط العرض (مستخدموا في ذلك بعض أجهزة الرصد الفلكي) ، إلا أنهم لم يستطيعوا تحديد خطوط الطول بنفس الدقة ، وبذلك أخطأ علماءهم بشكل كبير في تحديد المواقع شرقاً وغرباً على الأرض . بل لقد أدى هذا الخطأ الجسيم في القرن الخامس عشر الميلادي إلى الاعتقاد بصغر المسافة التي تفصل أوروبا عن آسيا غرباً - وذلك بأقل من نصف قيمتها الحقيقية . ومن السخرية حقاً أن هذا الاعتقاد الخاطئ هو الذي شجع كولمبس للابحار غرباً من أوروبا لكي يصل آسيا ، ولكنه اكتشف الأمريكتين .

وحدات القياس على كلا خطوط العرض والطول هي الدرجات - والدرجة تمثل $\frac{1}{360}$ من الدائرة ، وكل درجة تنقسم إلى ٦٠ دقيقة (٦٠') ، والدقيقة تنقسم إلى ٦٠ ثانية (٦٠''). ولتبسيط مشاكل توقيع النقط شمالاً وجنوباً على سطح الأرض ، اعتبر خط الاستواء درجة الصفر (٠°) ، وبالتالي يكون القطب الشمالي ٩٠° شمالاً ، والقطب الجنوبي ٩٠° جنوباً .

أما بالنسبة لخطوط الطول فلم تكن المسألة بهذه البساطة ، فهي كلها خطوط متماثلة وليس لها نقطة أصل طبيعية أو خط بداية طبيعي - حتى أن أي خط منها يصلح لأن يكون خط بداية . وقد شجع هذا كثيراً من الدول في الماضي على استخدام خط الطول الذي يمر بعاصمة كل منها كخط بداية تُحسب منه المسافات شرقاً وغرباً على سطح الكرة الأرضية . وقد أدى هذا الأمر إلى كثير من الاضطراب واللبلة وبخاصة عند استخدام الخرائط المختلفة المطبوعة في دول مختلفة - لأن خط البداية اختلف في كل منها . ولكن تفوق انجلترا كدولة بحرية وانتشار خرائطها الملاحية ، أدى في نهاية الأمر إلى اختيار خط الطول الذي يمر خلال المرصد الملكي في جرينتش^(١) (قرب لندن) كخط رئيسي - خط طول (٠°) . وكان قد أُنفق على ذلك في مؤتمر دولي في سنة ١٨٨٤ .

هكذا أصبحت خطوط الطول منذ ذلك الوقت تُحدد شرقاً أو غرباً من جرينتش ، حتى خط طول ١٨٠° وهو الخط المقابل لخط جرينتش . وباختيار خط جرينتش كخط الطول الرئيسي prime meridian ، أصبحت « نقطة الأصل »^(٢) لنظام احداثيات الأرض تقع في خليج غانة .

والواقع أن اختيار خط جرينتش كخط الطول الرئيسي لم يكن موفقاً تماماً ، بل بدو مضيقاً نوعاً لأنه يقسم أراضي كل من أوروبا وإفريقيا إلى خطوط طول شرق وغرب . أما موقع خط الطول المقابل له - وهو خط طول ١٨٠° - فأكثر ملاءمة لأن موقعه في المحيط الهادي قد هيا خطأً مناسباً

(١) المرصد الملكي هو مصدر التوقيت القانوني في بريطانيا ، وقد أسس هذا المرصد في جرينتش سنة ١٦٧٥ . وفي سنة ١٩٥٧/١٩٥٠ نقل هذا المرصد من جرينتش إلى هيرستمونسو Hurstmonceux ، وهي قرية تقع قرب الساحل الجنوبي لانجلترا في مقاطعة سوسكس Sussex ، وبها قلعة من القرن الخامس عشر وهي الآن مكان المرصد . أما خط طول جرينتش (٠°) فباق لم يتغير .

(٢) أي نقطة تقاطع خط عرض ٠° (خط الاستواء) مع خط طول ٠° (خط طول جرينتش)

للتاريخ الدولي ^(١) ، وهو الخط الذي إذا عبره المسافر إما أن يضيف أو يسقط يوماً تبعاً للاشياء الذي يسافر فيه . فإذا كان مسافراً شرقاً - أي نحو الأمريكتين - يكرر التاريخ (مثلاً يوم الاثنين ٢٧ مايو - آيار - يليه نفس يوم الاثنين ٢٧) . أما إذا كان مسافراً غرباً نحو آسيا فيحذف تاريخ يوم كامل (فيوم الاثنين ٢٧ مايو يليه الأربعاء ٢٩ مايو) .

ويتضح من هذه الدراسة الخاصة بشبكة خطوط العرض والطول ، أن أي نقطة في العالم يمكن أن توقع بالضبط حين نحدد خط عرضها بالدرجات والدقائق والثواني - بالإضافة إلى اتجاهها من خط الاستواء شمالاً أو جنوباً - وكذلك نحدد خط طولها بنفس الدقة بالإضافة إلى اتجاهها من جريتش شرقاً أو غرباً - وعادة نحذف الثواني لأن ذكر الدقائق يضمن توقيع أي نقطة على سطح الأرض في حدود ميل تقريباً .

٣ - طول (مسافة) درجة العرض ودرجة الطول :

تقاس درجات العرض ، التي تبين المسافة شمال أو جنوب خط الاستواء ، على طول الدوائر الكاملة لخطوط الطول . ولما كان طول محيط أي دائرة كاملة لخطوط الطول نحو ٤٠,٠٠٨ كيلومتر . وأن هذه الدائرة تنقسم إلى ٣٦٠° ، فإن متوسط طول درجة العرض على سطح الأرض هو ١١١,١ كم (أو ٦٩,٠٥ ميل) . ولذلك فالمسافة بين درجات العرض منتظمة تقريباً .

ولكن نتيجة لفرطحة الأرض الطفيفة عند القطبين ، أصبح طول درجة العرض عند القطبين (١١١,٦ كم) أطول قليلاً من درجة العرض عند خط الاستواء (١١٠,٦ كم) . غير أن هذا الاختلاف طفيف للغاية ، ونستطيع

(١) خط التاريخ الدولي اتفق عليه دولياً سنة ١٨٨٣ . وهو خط وهمي يتفق مع خط طول ١٨٠ . مع بعض الانحرافات منه وذلك لتجنب بعض مناطق اليابس ؛ فتصحح ألاسكا وجزر ألوشيان واقعة شرق هذا الخط ، وبعض جزر المحيط الهادي الجنوبي واقعة إلى الغرب منه . وعند عبور هذا الخط إما أن نكسب أو نفقد يوماً كاملاً في أجنحة التقويم .

في معظم حساباتنا أن نعتبر طول الدرجة العرضية على سطح الأرض ١١١ كيلو متر ، أو ٦٩ ميل . وسوف نحتاج دائماً إلى تذكر هذا العدد في مقاييس رسم الخرائط ، وفي دراساتنا الجغرافية بصفة عامة .

أما درجات الطول التي تقيس المسافات شرقاً وغرباً فتختلف أطوالها كثيراً ، لأن المسافة حول الأرض تتغير من دائرة خط الاستواء إلى القطبين — إذ تصغر دوائر العرض باطراد كلما بعدنا عن خط الاستواء شمالاً أو جنوباً واقتربتنا من القطبين . وبالتالي سوف تقل المسافة بين خطوط الطول كلما اقتربنا من القطبين .

ويبلغ إلتساع (أو مسافة) درجة خط الطول ١١١,٣ كم عند خط الاستواء ؛ ثم نأخذ هذه المسافة في النقصان شمالاً أو جنوباً إلى أن نصل إلى خط عرض ٦٠° حيث تبلغ مسافة درجة خط الطول هناك (٥٥,٨ كم) نصف طولها عند خط الاستواء . أما عند القطبين فتصبح هذه القيمة صفراً .

٤ — الدائرة العظمى :

أقصر مسافة بين نقطتين هو الخط المستقيم ؛ ومع ذلك فليس من المعقول على الأرض الكروية أن نتبع هذا الخط المستقيم خلال جزئها الصلب . فأقصر مسافة بين نقطتين على الكرة الأرضية هو القوس الممتد على السطح فوق الخط المستقيم مباشرة ، بحيث يكون هذا القوس جزءاً من دائرة المستوى plane الذي يقطع سطح الأرض ماراً خلال النقطتين ثم بمركز الأرض . فمثل هذا المستوى يقطع سطح الأرض على طول دائرة عظمى great circle .

ولكي نفهم معنى مستوى هنا ، نأتي ببرتقالة ونوقع على سطحها أي نقطتين بالحبر ، ثم نقطع البرتقالة بالسكين بحيث يمر القاطع بالنقطتين وكذلك بمركز البرتقالة ؛ ففي هذه الحالة سوف نشطر البرتقالة إلى نصفين متساويين ، وسيكون الوجه المنبسط لأي من نصفي البرتقالة هو « مستوى

قطع . نحاول بعد ذلك أن نضم نصفي البرتقالة إلى بعضهما لكي تعود ببرتقالة إلى شكلها الكامل ، ولكتبا سنلاحظ مكان القطع على السطح الخارجي ببرتقالة خطأ خارجياً يدور حول البرتقالة كالدائرة ، وهذه هي ما نسميها دائرة العظمى ، وأن جزءها الذي يبدو على شكل قوس ويمر خلال النقطتين لموضحتين بالخبر هو أقصر مسافة بين هاتين النقطتين .

إذن أي دائرة على سطح الأرض يمر مستواها بمرکز الأرض هي دائرة عظمى . ويمكن على سطح الأرض الكروي رسم عدد لا نهائي من الدوائر لعظمى ، ولكن لا يمكن أن نرسم غير دائرة عظمى واحدة فقط لتمر خلال ي نقطتين على هذا السطح الكروي . وأي خط طول هو نصف دائرة عظمى ، وإذا ما وصلناه بخط الطول المقابل له (مثلاً ٩٠ - ١٨٠) فسوف يكون دائرة عظمى . كذلك نجد أن دائرة خط الاستواء هي دائرة عظمى - ولكن كل دوائر العرض الأخرى ليست دوائر عظمى لأنها لا تشطر الأرض إلى نصفين متساويين .

هناك إذن عدة علاقات هندسية بين الدوائر العظمى والكرة الأرضية ولها دلالات عظيمة في الكرتوجرافيا واستخدام الخرائط ، ومنها :

- (١) أي دائرة عظمى تنصف دائماً أي دائرة عظمى أخرى .
- (٢) قوس الدائرة العظمى هو أقصر مسافة بين نقطتين على السطح الكروي .
- (٣) مستوى أي دائرة عظمى يشطر الأرض إلى شطرين متساويين دائماً ، ومن ثم فهو يشمل مركز الأرض دائماً .

ولما كانت الدائرة العظمى هي أقصر مسافة بين نقطتين على سطح الأرض الكروي ، فقد أتبعناها طرق الملاحة الجوية والبحرية - كلما كان ذلك ممكناً . ومن أمثلة ذلك : الطرق الجوية الطويلة بين لندن ولوس أنجلوس ؛ وبين أمستردام وفانكوفر (وكلاهما يمر فوق جرينلاند) ؛ ثم طريق أمستردام وطوكيو الذي يمر فوق جرينلاند وألاسكا - وهذه كلها تسمى الطرق القطبية .

٥ - شبكة الإحداثيات القومية :

تصدر مصالـح المسلـحة في معظم الدول سلسلة من الخرائط الطبوغرافية التي تغطي في مجموعها أراضي الدولة . ولتسهيل تعيين أي نقطة أو موقع في الدولة على هذه الخرائط ، فقد طورت كثير من الهيئات العسكرية في العالم نظاما شبكياً يعرف باسم «شبكة الإحداثيات القومية» National Grid وطبعته على خرائطها الطبوغرافية .

ونظام هذه الشبكة عبارة عن عدد من الخطوط المتوازية التي ترسم في الاتجاه الشمالي الجنوبي ، وخطوط متوازية أخرى ترسم في الاتجاه الشرقي الغربي ، ومن ثم تكون شبكة من المربعات . وترسم هذه الخطوط على مسافات ثابتة - مثلاً مسافة ١٠ كم على الخرائط الطبوغرافية البريطانية الأصغر مقياساً ، ومسافة كيلومتر واحد على الخرائط الأكبر مقياساً (أي الأكثر تفصيلاً) . وتقسم جوانب المربعات الكيلومترية إلى عشرة أقسام ثانوية (طول كل منها ١٠٠ متر) ، ومن ثم نحصل على الإحداثيات التي يمكن أن نحدد لنا أي نقطة على الخريطة . وتتميز خطوط المربعات الرئيسية بسمكها ، بينما تكون خطوط المربعات الثانوية خفيفة الرسم .

ويبدأ ترقيم خطوط الشبكة من نقطة أصل تقع في جنوب غرب القطر . وتسمى الخطوط المرقمة من الغرب إلى الشرق (وهي هنا الخطوط الرأسية) باسم « الشرقيات Eastings » . أما الخطوط المرقمة من الجنوب إلى الشمال (وهي هنا الخطوط الأفقية) فتسمى « الشماليات Northings » . وعند تحديد أي موقع في الخرائط البريطانية نبدأ بذكر رقم الشرقيات أولاً ثم يكتب إلى يمينه رقم الشماليات بعد ذلك . وبالطبع يكتب أولاً الحرف الأجنبي الذي يميز المربع الرئيسي .

أما الخرائط الطبوغرافية المصرية فلها ثلاث نقط أصل : نقطة أصل للخرائط التي تغطي منطقة الصحراء الغربية (في ليبيا) ؛ ونقطة ثانية للخرائط

التي تغطي وادي النيل والدلتا ؛ ثم نقطة ثالثة لخرائط الصحراء الشرقية وشبه جزيرة سيناء . ويبتدئ هنا نقطة الأصل لخرائط الوادي والدلتا ، وتقع في جنوب غرب مصر في جبل العوينات . وتغطي مساحة كل لوحة طبوغرافية بمقياس ١/١٠٠,٠٠٠ مساحة ٤٠ × ٦٠ كيلومتر ، ونجد في أقصى جنوب غرب كل لوحة مقدار البعد بالكيلومترات شرق الأصل (مثلا ٧٥٠ كم مكتوبة على أول خط رأسي من اليسار ، وهو بالطبع خط طولي أي من الشرقيات) ، كما نجد أيضا مقدار البعد بالكيلومترات شمال الأصل (مثلا ٣٢٠ كم مكتوبة على أول خط أفقي من الجنوب ، وهو بالطبع خط أفقي أي من الشماليات) ؛ أما بقية اللوحة فمقسمة تبعا لهذا القياس لكل كيلومتر على المسافة الرأسية ، وكذلك لكل كيلومتر على المسافة الأفقية للوحة الخريطة . أما الخرائط الطبوغرافية بمقياس ١/٢٥,٠٠٠ ، فتغطي كل لوحة منها مساحة ١٠ × ١٥ كيلومتر ، ويتبع فيها نفس التقسيم السابق للخرائط بمقياس ١/١٠٠,٠٠٠ .

الاتجاه

عادة ما تبين خطوط العرض والطول اتجاه الخريطة ؛ فخطوط العرض تعين الاتجاه الشرقي الغربي ، بينما تعين خطوط الطول الاتجاه الشمالي الجنوبي . وقد يُرسم سهم على الخريطة ليشير إلى اتجاه الشمال الجغرافي - أو الشمال الحقيقي . وأحيانا قد يُرسم سهمان : أحدهما يشير إلى الشمال الحقيقي ، والآخر إلى الشمال المغنطيسي - وإن كان ذلك يقتصر على بعض الخرائط الخاصة مثل خرائط المستكشفين وبعض الخرائط الطبوغرافية العسكرية .

ولا ينطبق سهم اتجاه الشمال المغنطيسي على سهم اتجاه الشمال الحقيقي ، ويعرف الفرق بين هذين الاتجاهين بالانحراف أو الميل المغنطيسي ، ويقاس هذا الانحراف بالدرجات . ويكون الانحراف المغنطيسي شرقاً إذا

كان اتجاه الشمال المغنطيسي يقع إلى الشرق من خط الشمال الحقيقي (الجغرافي) ويكون غربا إذا كان خط الشمال المغنطيسي يقع إلى الغرب من خط الشمال الحقيقي .

وتختلف درجة الانحراف المغنطيسي من مكان إلى آخر على سطح الأرض تبعاً لموقع المكان بالنسبة للقطب الجغرافي الشمالي من جهة وبالنسبة للقطب المغنطيسي الشمالي من جهة أخرى - ومعروف أن هذا القطب المغنطيسي يقع جنوب جزيرة باثرست وهي إحدى الجزر القطبية الواقعة شمال كندا على خط طول ١٠٠° غرباً تقريباً .

ومن الواضح أن اتجاه الشمال الحقيقي لا يمكن أن يتحدد بالبوصلة المغنطيسية إلا إذا عرفنا درجة واتجاه انحراف البوصلة عن الشمال الحقيقي . وهذا ما بحسبة قسم المساحة الجيوديسية والسواحل بالولايات المتحدة كل بضع سنوات ، ثم يصدر خرائط الانحراف المغنطيسي لكل أجزاء العالم ^(١) .

وكما عرفنا (الفصل الأول) أنه حين كانت الخرائط ترسم للعالم المجهول في الأزمنة القديمة ، كان من عادة الكرتوجرافيين الأوروبيين في العصور الوسطى أن يضعوا أهم منطقة لديهم في أعلى الخريطة أو في وسطها . وبسبب ما كان للجنة ولمكان أصل المسيحية من أهمية في أذهان الناس أثناء تلك الفترة ، فقد كانت العادة أن يضعوا « الشرق Orient » (الجنة) في أعلى الخريطة ، ويبت المقدس في وسط الخريطة . ولكن لقد جرى العرف منذ تطور الكرتوجرافيا في عصر النهضة على جعل الشمال في أعلى الخريطة . وبذلك أصبح توجيه الخريطة نحو الشمال دائماً .

(١) في سنة ١٩٠٨ ، اخترعت البوصلة الجيروسكوبية gyrocompass التي لا تتأثر بإتلاقا بقوى مغنطيسية الأرض ، ولذلك تشير دائماً إلى الشمال الحقيقي . وهي تستخدم كثيراً في السفن البحرية لتحديد المواقع .

مراجع الفصل الرابع

- Debenham, F. (1957), The Use of Geography, The English Univ. - ١
Press : London (Ch. 3).
- Finch, V.C. (1949), Elements of Geography, 3rd ed., McGraw-Hill : - ٢
New York, (Ch. 2).
- Hoyt, J.B. (1962), Man and the Earth, Prentice-Hall : London, - ٣
(Ch 3, Appendix).
- Raisz, E. (1948), General Cartography, New York, (pp. 57-62, - ٤
144-145).
- Robinson, A.H. (1960), Elements of Cartography, New York, - ٥
(Ch. 2)

الفصل الخامس

مقاييس رسم الخرائط

لما كانت الخرائط أصغر بالضرورة من المناطق التي تمثلها على سطح الأرض فإن استخدامها الصحيح يتطلب توضيح النسبة بين القياسات المقارنة — أي بين القياسات على الخريطة وما يقابلها على الأرض . هذه النسبة تسمى « مقياس رسم الخريطة » ، وهو أول ما ينبغي أن نقرأه على الخريطة .

مفهوم مقياس الرسم :

لا شك أن كلاً منا قد شاهد نموذجاً كروياً للأرض ، وهو عبارة عن كرة صغيرة تمثل الأرض وتظهر عليها القارات والمحيطات بشكلها الحقيقي في الطبيعة . ومن الممكن أن نقيس أبعاد هذا النموذج ، وأن نعبر عن العلاقة بين حجمه وحجم الأرض بنسبة ratio تتكون من نفس وحدات القياس . وتسمى هذه النسبة : مقياس رسم الكرة . فمثلاً ، إذا كان لدينا نموذجاً كروياً كبيراً نسبياً طول قطره « ١٢٥ سنتيمتر » ، ونحن نعرف أن متوسط طول قطر الأرض حوالي ١٢٦٦ مليون سنتيمتر (أي ١٢٦٦٠ كم) ، فإن نسبة المسافة المقاسة بالسنتيمتر بين أي نقطتين على النموذج الكروي وتلك المسافة بين نفس النقطتين على سطح الأرض — مقاسة أيضاً بالسنتيمتر —

سوف تكون مثل نسبة ١٢٥ إلى ١٢٦٦,٠٠٠,٠٠٠ . وهذه النسبة هي نفسها ١٨ إلى ١٠,١٢٨,٠٠٠ . وغالباً ما تكتب هذه النسبة في صورة كسر اعتيادي : فتصبح $\frac{1}{10,128,000}$ ، أو ١ : ١٠,١٢٨,٠٠٠ ، وتسمى «مقياس الرسم البياني» Representative Fraction (R.F.) في علم الخرائط . وللخرائط أيضاً علاقات نسبية بالأجزاء التي تمثلها من سطح الأرض - تماماً كما في حالة نموذج الكرة الأرضية . فعلى كل خريطة نرى بياناً يكتب على شكل نسبة أو كسر (أو في أي صورة أخرى ماثلة) ، ويسمى : مقياس رسم الخريطة map scale .

وقد تكون مقاييس رسم الخرائط كبيرة أو صغيرة . فمثلاً مقياس ١ : ١٠,٠٠٠,٠٠٠ يدل على مقياس صغير لأن وحدة قياس مسافية (سبتيتر أو بوصة أو قدم أو أي وحدة قياس) على الخريطة تمثل ١٠,٠٠٠,٠٠٠ وحدة من نفس النوع على الأرض . وبالتالي تكون الخريطة (بالنسبة للأرض) صغيرة جداً . أما مقياس ١ : ١٠٠,٠٠٠ فيدل على خريطة أكبر مقياساً من الخريطة الأولى بكثير - وبالتالي سوف تحتوي على كثير من التفاصيل التي لا يمكن أن تتضمنها الخريطة الأولى نظراً لصغر مقياسها . ويظل مقياس الرسم يكبر بالتدرج - مثلاً ١ : ١٠,٥٠,٠٠٠ : ١٠,٤٠,٠٠٠ : ١ : ٢٥,٠٠٠ - حتى نصل (نظرياً) إلى مقياس بنسبة ١ : ١ الذي يدل على خريطة مرسومة بنفس أبعاد المنطقة الأرضية المرسومة ! ويمكن للقارئ أن يرجع إلى أطلسه لكي يتعرف على مدى مقاييس رسم الخرائط المستخدمة عادة في مثل هذا النوع من الأطالس العامة .

اختلاف تطبيق المقياس على جميع أجزاء الخريطة :

هناك اختلاف جوهري بين تطبيق مقاييس الرسم على نماذج الكرة الأرضية وعلى الخرائط المستوية السطح . فمقياس رسم النموذج الكروي

— بهما كان صغيراً — قد ينطبق عليه انطباقاً صحيحاً في أي جزء من الكرة وفي أي اتجاه عليها . أما على الجرائط الصغيرة المقياس ، وبخاصة تلك التي تمثل العالم كله . فنلاحظ أن المقياس المبين على الخريطة نادراً ما ينطبق بالتساوي على كل خطوط شبكة الخريطة ، بل وقد ينطبق أحياناً على خط واحد فقط وعادة يكون في منتصف الخريطة . والسبب في ذلك راجع بالطبع إلى تقوس سطح الأرض ، وليست الخريطة إلا محاولة لنقل هذا السطح الكروي المقوس إلى سطح مستوي هو سطح الورقة .

وحيثما نرسم على لوحة من الورق خريطة تبين مساحة صغيرة من سطح الأرض ، كالتربة مثلاً أو جزء صغير من المدينة ، فسوف لا تحمل الخريطة أي تحريف أو تشويه في شكل المنطقة المرسومة . أو في مساحتها النسبية ؛ ذلك لأن الجزء المرسوم من سطح الأرض المقوس من الصغر بحيث يكون من الناحية العملية مستوياً في حد ذاته ، إذ أن درجة تقوس سطح الأرض في هذه المنطقة الصغيرة والمحدودة المساحة تبدو ضئيلة لا تذكر ^(١) . أما حينما نرسم على الورق خريطة تمثل العالم كله . أو تمثل قارة من القارات أو دولة أو حتى محافظة ، فلا بد أن تحمل مثل هذه الخريطة بعض التحريف عن الشكل الصحيح للأرض ، وهنا يستحيل انطباق مقياس رسم الخريطة على كل أجزائها أو اتجاهاتها . ولكي نتصور ذلك ببساطة ، يحسن أن نعرض مثلاً مشابهاً فيما يلي :

نفرض أن لدينا كرة من المطاط ونريد أن نجعلها مستوية السطح . وذلك عن طريق الضغط عليها بقوة ، فلن يتحقق هذا الإستواء دون امتداد أو تمزق المطاط . هذا التمدد أو التمزق هو ما يحدث بالضبط حينما نحول السطح الكروي للأرض إلى سطح مستوي تمثله ورقة الخريطة — ونسميه في هذه الحالة تحريفاً أو تشويهاً للشكل الكروي الصحيح .

(١) يبلغ تقوس أو انحاء الأرض أكثر قليلاً من ٢/١ سم في الكيلومتر الواحد . أو حوالي متر في ١٨٢ كيلومتر .

فالتمثيل الصحيح والوحيد للكرة الأرضية ، هو نموذج الكرة الذي نعرفه . ولكن نموذج الكرة ليس وسيلة سهلة لاستخدامها في دراسة سطح الأرض ، بالإضافة إلى أن هذه الكرة لا تبين نصفي الأرض في وقت واحد ، وهي أيضا صعبة التناول والحفظ . لكل هذه الأسباب ، قام الانسان منذ أزمنة قديمة بكثير من المحاولات التي ترمي إلى ابتكار عدة نظم لترتيب خطوط الطول والعرض على السطح المستوي (الخريطة) ، بحيث يتحكم تصميمها في التحريف الذي لا يمكن تجنبه - وذلك من حيث نوعه أو درجته أو مكانه على الخريطة . ويسمى مثل هذا النظام الخاص بترتيب خطوط شبكة الأرض على السطح المستوي : مسقط الخريطة map projection . وهذا موضوع آخر سوف نتناوله بالدراسة في فصل آخر .

خلاصة ما نريد معرفته الآن هو أنه من العسير أن يكون مقياس رسم الخريطة صحيحاً في كل الاتجاهات ، ذلك أن سطح الأرض ليس مستوياً كسطح الورقة التي رسمت عليها الخريطة . وعلى العموم . هناك خطأ في مقياس رسم الخرائط ذات المقياس الصغير (أي الخرائط التي تمثل أجزاء كبيرة من سطح الأرض كالقارات مثلاً) . بينما يتضاءل هذا الخطأ في الخرائط ذات المقياس الكبير - أي الخرائط التي تمثل مساحة محدودة أو صغيرة من سطح الأرض مثل منطقة القرية أو جزء من المدينة .

أنواع مقياس الرسم

عرفنا أن مقياس الرسم هو عبارة عن العلاقة أو النسبة بين المسافات الموجودة على الخريطة والمسافات الحقيقية المقابلة لها على سطح الأرض . ويمكن التعبير عن مقياس الرسم بثلاث طرق رئيسية ، منها طريقة الكسر البياضي ($\frac{1}{\dots\dots\dots}$) التي سبق أن ألمحنا إليها . وفي يلي تعريف بهذه الطرق الثلاث .

(١) المقياس الكتابي أو المباشر : statement of scale

في هذه الطريقة من طرق مقياس الرسم ، تكتب المسافة على الخريطة وما يقابلها من مسافة على الأرض ، مثل :

بوصة لكل ميل . (أو) سنتيمتر لكل كيلومتر . (أو)

٦ بوصة لكل ميل . (أو) ٤ سنتيمتر لكل كيلومتر .

وربما كانت هذه أنسب وسيلة لبيان مقياس الرسم ، لأن دلالة المقياس واضحة ومباشرة ، ولذلك كثيراً ما يستخدم هذا المقياس في الخرائط الطبوغرافية الكبيرة المقياس . ولكن لكي تفهم هذا النوع من المقياس ، ينبغي أن نكون على دراية بنظام القياس في القطر الذي أصدر الخريطة ، وإلا يصبح المقياس الكتابي طليماً غير مفهوم بالنسبة لنا . فمثلاً ، إذا لم نكن عارفين بنظام القياس الروسي وما يتأخره في القياس العربي أو العالمي ، فلن نستطيع أن نفهم شيئاً من خريطة روسية كتب عليها المقياس الكتابي التالي :

« One sajenyum to 1000 versts »

وحتى إذا استطعنا تحويل نظم القياس الأجنبية إلى نظم قياسنا المتبعة ، فسوف يتطلب ذلك كثيراً من العمليات الحسابية ، ومن ثم تفقد هذه الطريقة من طرق عرض مقياس الرسم خاصية بساطتها . أضف إلى ذلك أنه في حالة تكبير الخريطة أو تصغيرها ، فلن يصبح المقياس الكتابي صحيحاً — بل متناقضاً مع وضع الخريطة الجديدة (التي ظهرت بعد تكبير أو تصغير الخريطة الأصلية)

على أن معظم دول العالم وكذلك المنظمات الدولية تهدف في الوقت الحاضر إلى اتخاذ النظام المترى وتعميمه كنظام قياس عالمي . وفي هذه الحالة سيكون من السهل جداً فهم أي خريطة أجنبية تحمل المقياس الكتابي بالنظام المترى (مثلاً : سنتيمتر لكل كيلومتر) ، لأنه نظام منطقي يستوعبه الذهن بسرعة .

(٢) مقياس الكسر البياني : R. F.

سبق أن أشرنا إلى مقياس الكسر البياني Representative Fraction . وهو يعني أن وحدة القياس (كما تظهر في بسط الكسر) على الخريطة تمثل عدداً من الوحدات المماثلة (كما تظهر في مقام الكسر) على الأرض . وقد يسمى هذا المقياس أيضاً « المقياس العددي » Numerical scale ، وقد يكتب في مثل هذه الصورة $\frac{1}{250,000}$ ؛ أو ١ : ٢٥٠,٠٠٠ - وهذه هي الصورة الأفضل^(١) - ويعني المقياس في هذا المثال أن ١ سم على الخريطة يمثل ٢٥٠,٠٠٠ سم على الأرض ؛ أو أن بوصة واحدة على الخريطة تمثل ٢٥٠,٠٠٠ بوصة على الأرض ؛ وبالمثل في أي وحدة قياس أخرى - المهم أن يحدد وحدة القياس في طرفي المقياس .

ومن هنا ، كان لمقياس الكسر البياني خاصية فريدة من حيث كونه صالح للاستخدام عالمياً . فهو يتجنب ذكر إسم أي وحدة قياس عند كتابته على الخريطة . وفي نفس الوقت يتلاءم مع أي وحدات قياسية - حتى لو كانت غير مألوفة لنا - ما دامت موحدة على طرفي المقياس .

والعيب الرئيسي في استخدام هذا المقياس يظهر فقط في حالة تكبير الخريطة الأصلية أو تصغيرها ، لأن المقياس المكتوب بهذه الطريقة لن يكون صحيحاً في الخريطة الجديدة (نفس الوضع الذي ذكرناه في حالة المقياس السابق وهو المقياس الكتابي أو المباشر) . لذلك يجب أن تأخذ هذا الأمر في الاعتبار عندما نريد تكبير خريطة أو تصغيرها ، والحل الوحيد هو أن نكتب على الخريطة الأصلية مقدماً مقياس الكسر البياني الذي سيتناسب مع حالة الخريطة الجديدة . فمثلاً إذا كان لدينا خريطة نعرف أن مقياسها هو ١ : ١٠٠,٠٠٠ ، ونريد أن نصغرها إلى نصف حجمها بالتصوير الفوتوغرافي .

(١) يمكن أن تكتب أيضاً بهذه الصورة ١ : ٢٥٠,٠٠٠ . وهي الشكل الشائع

فيحسن قبل عملية التصغير أن نزيل هذا المقياس من الخريطة الأصلية ونكتب مكانه المقياس ١ : ٢٠٠,٠٠٠ - لأنه المقياس المناسب عندما تصغر الخريطة الأصلية إلى النصف .

وهنا قد يدهش القارئ المبتدئ ويظن أن هناك خطأ في طباعة هذه الأرقام ، ويتساءل ألم يكن من المنطقي أن يصبح مقياس الخريطة الصغيرة الجديدة ١ : ٥٠,٠٠٠ بدلاً من ١ : ٢٠٠,٠٠٠ ؟ الواقع أنه ليس هناك خطأ مطبعي ، وأن ما ذكرناه صحيح تماماً . والمسألة ببساطة هي كما يلي : مقياس ١/١٠٠,٠٠٠ أكبر من مقياس ١/٢٠٠,٠٠٠ ، لأنه في الحالة الأولى يمثل السنتيمتر على الخريطة كيلومتر على الطبيعة ^(١) ، أما في الحالة الثانية فسوف يمثل السنتيمتر على الخريطة ٢ كيلومتر على الطبيعة - بمعنى أن وحدة الطول الثابتة على الخريطة (وهي اسم) التي كانت تشمل تفاصيل كيلومتر واحد أصبحت تشمل تفاصيل ٢ كم في نفس الحيز المحدود وبالتالي لا بد أن تصغر الأبعاد على الخريطة وتقل التفاصيل ^(٢) .

لذلك يجب أن يتدرب القارئ على قراءة مقاييس الرسم ، حتى يدرك لأول وهلة مقياس الرسم إذا كان كبيراً أو صغيراً . وهناك قاعدة عامة تقول . كلما كبر مقام الكسر انبساطاً حسابياً ، كلما صغر مقياس رسم الخريطة . وبالتالي عظمت المساحة التي يمكن أن ترسم على خريطة معينة - وهذا يعني فقدان كثير من التفاصيل . ويحسن من الآن أن يتناول القارئ أطلسه ويتعرف على مقاييس الرسم في الخرائط المختلفة .

(١) الكيلومتر = ١٠٠,٠٠٠ سم (لأن الكيلومتر = ١٠٠٠ متر ، وكل متر = ١٠٠ سم) .
(٢) تصور في هذا الصدد حجرة يسكنها شخص واحد ، ومن ثم فهو يتسع بكل مساحتها . ثم حدث أن شاركه في نفس الحجرة شخص آخر ، وبالتالي لا بد أن تصغر المساحة التي يشغلها كل منهما في هذه الحجرة ، ويترتب على ذلك انكشاف موجودات (تفاصيل) كل منهما .

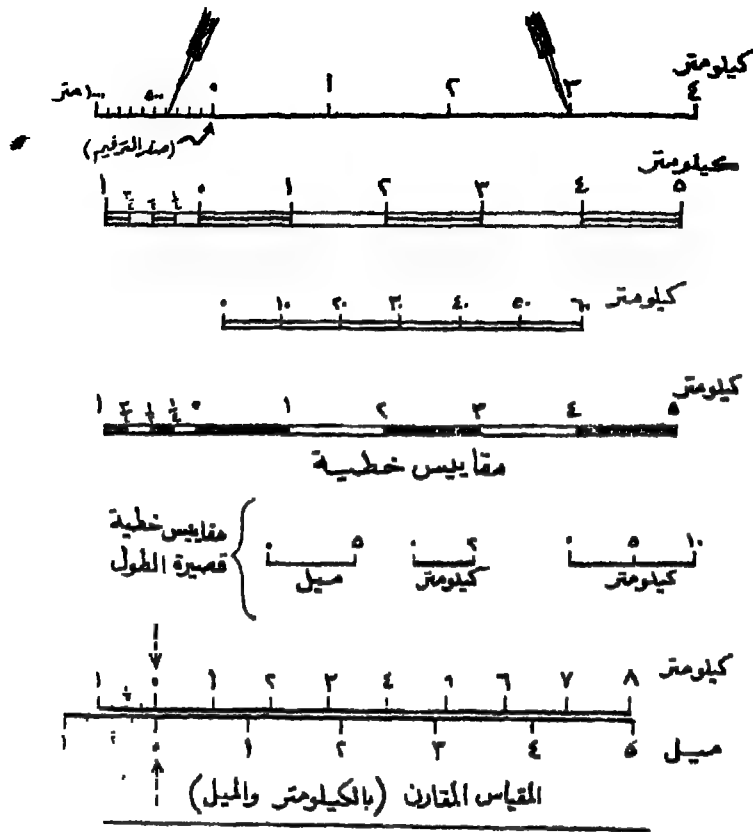
(٣) المقياس الخطي : Graphic or Linear scale

وهذا عبارة عن خط مرسوم على الخريطة ومقسم إلى أقسام متساوية تمثل وحدات المسافة على الأرض ، سواء بالكيلومتر أو الميل - أو مضاعفاتهما أو أجزاء منهما . وينبغي أن يكون المقياس الخطي بطول مناسب (مثلا ربع طول الخريطة أو أكثر) حتى يسمح بالمقياس منه بسهولة . وينبغي أيضا أن يمثل أعداداً كاملة (مثل صفر - ١ - ٢ - ٣ - ٤ ...) أو أعداداً دائرية (مثل صفر - ٥ - ١٠ - ١٥ - ٢٠ ...) (أو صفر - ١٠ - ٢٠ - ٣٠ ...) .

ومن المنطقي في رسومنا العربية أن يبدأ الترقيم من اليمين إلى اليسار ، وينطبق هذا على ترقيم خط المقياس الخطي . ومع ذلك لا ننصح أن يتم الترقيم بهذا الشكل في رسومنا الكرتوجرافية العربية ، ولدينا ما يبرر ذلك . فالترقيم من اليسار إلى اليمين أصبح نظاماً عالمياً ، وترقيم المساطر التي نقيس بها أي خط تبدأ من اليسار إلى اليمين - حتى لو كانت مصنوعة في بلاد عربية وأرقامها عربية . كذلك الطريقة الصحيحة لرسم الخطوط أو مدها أو تحييرها تبدأ من اليسار إلى اليمين . لكل ذلك يحسن أن يبدأ الترقيم في رسومنا الكرتوجرافية من اليسار إلى اليمين حتى تسهل المقارنة مع الرسوم العالمية الأخرى ، ويسهل كذلك القياس بالمسطرة مهما اختلف نوعها .

لهذا يحسن أن يبدأ صفر الترقيم من يسار خط المقياس الخطي ، وتتابع إلى يمينه بقية الأرقام . وفي حالة الخرائط الكبيرة المقياس (الأكثر تفصيلاً) ، يجب أن يشمل المقياس الخطي وحدة قياس إضافية تسبق صفر الترقيم (أي تكون على يساره) ، وتقسم هذه الوحدة الإضافية إلى تقسيمات أصغر أو ثانوية لكي تمكن قارئ الخريطة من قياس المسافات بشكل دقيق . ويوضح (شكل ٢٢) أشكالاً مختلفة لرسم المقياس الخطي على الخرائط كما يبين أيضا الطريقة الصحيحة لقياس المسافات على هذا المقياس باستخدام المقسم أو

لمر حار



(شكل ٢٢) أشكال مختلفة من مقياس الرسم الخطي .

أما في حالة الخرائط الصغيرة المقياس ، فلا يستدعي الأمر رسم وحدة إضافية قبل صفر الترقيم ، لأنها غير مفيدة من الناحية العملية نظراً لصغر مقياس الرسم . بل كثيراً ما يرسم المقياس الخطي في مثل هذه الأحوال كخط صغير يشمل وحدة قياس واحدة (كيلومتر مثلاً) ، أو يشمل خمس وحدات (٥ كم مثلاً) أو عشرة دون تقسيم الخط الكلي إلى هذه الوحدات . ويعرف هذا النوع من المقاييس الخطية بالمقاييس الخطية القصيرة Short Line-scales .

واستخدام هذا النوع من المقاييس الخطية هو لمجرد البيان والدلالة أكثر منه للمقياس الدقيق على الخرائط . فهو يطينا فكرة عامة عن المسافات الحقيقية المتضمنة ، وقد نستخدمه مصادفة للقياس بالعين العادية .

والواقع أن المقياس الخطي الدقيق أكثر فائدة لقارئ الخريطة من أنواع المقاييس الأخرى ، وذلك لسببين : أولهما أنه يسهل قياس المسافات من الخريطة إلى الطبيعة (الأرض) مباشرة ، والسبب الثاني هو أنه في حالة تكبير أو تصغير الخريطة فوتوغرافيا فلن يتأثر المقياس الخطي المرسوم على الخريطة الأصلية ، لأن خط المقياس سيكبر أو يصغر أو توماتيكيا ، مع أطوال الخريطة . لكل هذا . ينبغي أن نزود خرائطنا دائما بمقياس خطي مناسب . ولهذا السبب كثيرا ما نحتاج إلى بعض العمليات الحسابية لتحويل المقاييس الأخرى إلى مقياس خطي لكي نرسمه على الخريطة ، وبالتالي يجب أن نلم بعملية تحويل المقاييس إلى أنواعها المختلفة — وهذا ما سوف نتقل إليه الآن .

تحويل مقياس الرسم

إذا عرفنا مقياس الرسم بأي نوع من الأنواع الثلاثة التي ذكرناها ، فمن الممكن تحويله إلى النوعين الآخرين دون صعوبة كبيرة . والمقياس الخطي هو أنسب وسيلة لقياس الأطوال على الخريطة . ولهذا تتمثل معظم المشاكل في إنشاء المقياس الخطي عندما يكون مقياس الرسم المعطى لنا في أي من الصورتين الآخرين . ولكي نجعل الخريطة أكثر فائدة ، يحسن أن نزودها أيضا بمقياس الكسر البياني . وعلى العموم ، هناك مجموعتان من مشاكل تحويل مقاييس الرسم :

المجموعة الأولى ، تشمل تحويل المقياس الكتابي المباشر إلى مقياس الكسر البياني . ، أو العكس .

المجموعة الثانية ، تشمل تحويل المقياس الكتابي ، أو مقياس الكسر البياني إلى المقياس الخطي لكي يرسم على الخريطة .

وقبل أن نقوم بإجراء أي عملية تحويل ، يجب أن نحفظ الحقيقتين الأساسيتين التاليتين ، لضرورة الحاجة إليهما في عمليات التحويل ، وهما :

١ - الكيلومتر = ١٠٠,٠٠٠ ستمتر (سم) .

ب - الميل = ٦٣,٣٦٠ بوصة .

١ - تحويل المقياس الكتابي إلى مقياس الكسر البياني :

المطلوب في هذه الحالة هو تحويل طرفي المقياس الكتابي إلى نفس وحدة القياس ، ثم نكتب الناتج في صورة كسر مقامه واحد صحيح (وحدة قياس) .

مثال (١) : حوّل المقياس الكتابي [١سم لكل ٤ كم] إلى مقياس الكسر البياني .

الحل : بما أن الكيلومتر = ١٠٠,٠٠٠ سم

١ سم في هذا المقياس يمثل $4 \times 100,000 = 400,000$ سم على الطبيعة

أي ١ سم : ٤٠٠,٠٠٠ سم .

٢ . مقياس الكسر البياني هو $1 / 400,000$.

(لاحظ أن رمز وحدة القياس لا تكتب إطلاقاً في مقياس الكسر البياني) .

مثال (٢) : حوّل المقياس [٦ بوصة لكل ميل] إلى مقياس الكسر البياني .

الحل : بما أن الميل = ٦٣٣٦٠ بوصة .

٦ بوصة في هذا المقياس تمثل ٦٣٣٦٠ بوصة على الطبيعة .

١ بوصة تمثل $\frac{63360}{6} = 10,560$ بوصة

أي ١ بوصة : ١٠,٥٦٠ بوصة .

∴ مقياس الكسر البياني هو ١/١٠,٥٦٠ .

تمارين : حوّل المقاييس الكتائية التالية إلى كسور بيانية :

ستيمتر لكل كيلومتر .

٤ سم لكل كيلومتر .

ستيمتر لكل ٥ كيلومتر .

ستيمتر لكل ٥٠٠ متر .

بوصة لكل ميل .

بوصة لكل ٦ ميل .

٢ - تحويل مقياس الكسر البياني إلى المقياس الكتائي :

مثال (١) : حوّل المقياس ١/٥٠٠ ٠٠٠ إلى مقياس كتائي يقيس بالكيلومتر .

الحل : في هذا المقياس ١ سم يمثل ٥٠٠,٠٠٠ سم

وبما أن الكيلومتر = ١٠٠,٠٠٠ سم .

∴ ١ سم يمثل $\frac{٥٠٠٠٠٠}{١٠٠٠٠٠} = ٥$ كيلومتر

المقياس الكتائي هو [ستيمتر لكل ٥ نتم] .

مثال (٢) : حوّل المقياس ١/٢٥,٠٠٠ إلى مقياس كتائي يقيس بالكيلومتر .

الحل : في هذا المقياس ١ سم يمثل ٢٥,٠٠٠ سم

وبما أن الكيلومتر = ١٠٠,٠٠٠ سم

$$\therefore 1 \text{ سم يمثل } \frac{25000}{100000} = \frac{1}{4} \text{ كيلومتر أو } 250 \text{ متر} .$$

المقياس الكتابي هو [سنتيمتر لكل 250 متر]

أو [4 سنتيمتر لكل كيلومتر]

مثال (3) : حول المقياس 1/126,720 إلى مقياس كتابي يقيس بالميل
في هذا المقياس 1 بوصة تمثل 126,720 بوصة .
وعمل أن الميل = 63360 بوصة .

$$\therefore 1 \text{ بوصة تمثل } \frac{126720}{63360} = 2 \text{ ميل}$$

المقياس الكتابي هو [بوصة لكل 2 ميل] .

تمارين : حول المقاييس العددية التالية إلى مقاييس كتابية تقيس بالكيلومتر :

$$1/8,000,000$$

$$1/1,000,000$$

$$1/250,000$$

$$1/10,000$$

(3) تحويل مقياس الكسر البياني (العددي) إلى المقياس الخطي :

هذه هي أهم التحويلات في مقاييس الرسم ، نظراً لحاجة كل خريطة إلى مقياس خطي مناسب .
وحيثما يُطلب منا أن نحول مقياس الكسر البياني إلى المقياس الخطي ، فينبغي أن نرسم هذا المقياس الخطي بحيث يقيس بالكيلومترات (إلا إذا طلب النظام المحلي بالتحديد) ، ذلك لأن النظام المتري

— كما ذكرنا — منطقي للعقل وسهل القياس نظراً لتضمنه أرقاماً دائرية سهل حسابها . وفيما يلي بعض الأمثلة :

مثال (١) : لدينا خريطة مقياس رسمها ١/١,٠٠٠,٠٠٠ . والمطلوب تحويل هذا المقياس إلى مقياس خطي يقاس بالكيلومترات ، ثم رسمه على نفس الخريطة .

الحل : تبعاً لهذا المقياس ؛

١ سم على الخريطة يمثل ١,٠٠٠,٠٠٠ سم على الطبيعة .

وبما أن الكيلومتر = ١٠٠,٠٠٠ سم

∴ ١ سم على هذه الخريطة = ١٠ كيلومتر على الطبيعة

وبذلك يمكن رسم خط مناسب ، طوله مثلاً ١٠ سم ، ونقسمه إلى سنتيمترات يمثل كل منها ١٠ كيلومتر . ويمكن أيضاً إضافة وحدة أخرى على يسار صفر الترقيم ، ونقسمها إلى أقسام ثانوية (قد تكون عشرة أقسام يمثل كل منها كيلومتر ، أو خمسة أقسام يمثل كل منها ٢ كم) .

هذا مثال سهل في الواقع ، وليست كل عمليات تحويل المقاييس الخطية على هذا النحو ، إذ يتطلب بعضها مزيداً من الحسابات حتى ننتج مقياساً خطياً دقيقاً ويقاس بأرقام دائرية من الكيلومترات . وهذا ما نراه في المثال التالي

مثال (٢) : حول المقياس ١/٣٥٠,٠٠٠ إلى مقياس خطي يقاس بالكيلومترات .

الحل : تبعاً لهذا المقياس ،

١ سم على الخريطة يمثل ٣٥٠,٠٠٠ سم على الطبيعة

وبما أن الكيلومتر = ١٠٠,٠٠٠ سم

١ سم على هذه الخريطة = ٣,٥ كيلومتر (١)

وبفرض أن (س) سم على هذه الخريطة = ٥٠ كيلومتر

$$\therefore (س) \text{ على هذه الخريطة} = \frac{١ \times ٥٠}{٣,٥} = \frac{٢}{٧} = ١٤ \text{ سم}$$

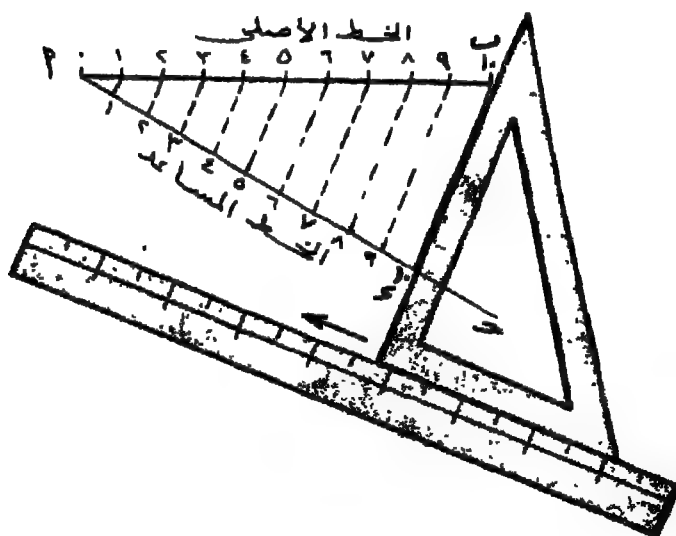
وبهذا يمكن رسم خط طوله $١٤\frac{٢}{٧}$ سم لكي يمثل ٥٠ كيلومتراً على الطبيعة - تبعاً لهذا المقياس . وبعد ذلك نقسم طول هذا الخط إلى خمسة أقسام متساوية حيث يمثل كل قسم منها ١٠ كم (أو تقسيمه إلى عشرة أقسام يمثل كل منها ٥ كم) - مع إضافة وحدة للأقسام الثانوية على يسار صفر الترقيم .

ولكن كيف يتسنى لنا رسم خط طوله $١٤\frac{٢}{٧}$ سم ، ثم تقسيمه بعد ذلك إلى خمسة أقسام متساوية ؟ هنا لا بد أن نستعين بطريقة « الخط المساعد » وهي طريقة سهلة وتستخدم لتقسيم أي خط إلى عدد من الأقسام المتساوية . ولنفرض أن لدينا الخط (ا ب) - في (شكل ٢٣) - ونريد مثلاً أن نقسمه إلى عشر أقسام متساوية ، فنبدأ برسم خط مساعد (ا ح) بأي زاوية حادة مناسبة من نقطة (ا) ، بحيث يكون طول هذا الخط المساعد مقارباً لطول الخط الأصلي المراد تقسيمه . ثم نقيس على الخط المساعد عشرة وحدات معروفة ولتكن هذه الوحدات بالسنتيمتر أو نصف السنتيمتر أو البوصة أو أي وحدة ثابتة تناسب طول الخط . ثم نرسم خطاً من نقطة (ب) إلى نهاية القسم العاشر على الخط المساعد ، وهو في هذا الشكل الخط (ب د) ، ثم نرسم خطوطاً موازية له عند نقط التقسيم على الخط المساعد . وسنرى في

(١) نلاحظ عند هذه الخطوة أن السنتيمتر في المقياس الخطي لا يمثل رقماً دائرياً من الكيلومتر ، بل ويشمل كسوراً من الكيلومتر أيضاً . لذلك فرضنا أن لدينا خطاً طويلاً يمثل في جملة ٥٠ كيلومتراً مثلاً (يمكن اختيار أي عدد دائري آخر) ، والمهم أن نعرف طول هذا الخط ثم ذلك في الخطوة التالية بطريقة التناسب الحسابي .

النهاية أن هذه الخطوط المتوازية تقسم الخط الأصلي (ب) إلى عشر أقسام متساوية . ولا بد بالطبع أن نتعين في رسم الخطوط المتوازية بمثلث ومسطرة - كما في (شكل ٢٣) وباستخدام هذه الطريقة بمكر نقسم الخط الأصلي إلى أي عدد آخر من الأقسام المتساوية أربعة أو خمسة أو سبعة أقسام مثلاً حتى الستيمتر يمكن تقسيمه إلى سبعة أقسام لكي نقيس منها قسمين بمثلان (٧/٢) ستيمتر - كما في حالة المثال السابق - وإن كان يمكن اعتبار ٧/٢ سم تساوي تقريباً ٠,٣ سم .

وبهذا يمكن رسم خط المقياس الخطي السابق بطول ١٤,٣ سم ، ثم نقسم هذا الخط إلى خمسة أقسام متساوية بطريقة الخط المساعد التي ذكرناها مثال (٣) : حول المقياس ١/١٠٠ ٠٠٠ إلى مقياس خطي يقبس بالأميال
الحل : تبعاً لهذا المقياس .



(شكل ٢٣) طريقة تقسيم أي خط مستقيم إلى أجزاء متساوية . وذلك بإستخدام الخط المساعد .

١ بوصة على الخريطة تمثل ١٠٠,٠٠٠ بوصة على الطبيعة .

وبما أن الميل = ٦٣,٣٦٠ بوصة

١. بوصة على هذه الخريطة تمثل $\frac{100,000}{63,360} = 1,58$ ميل على الطبيعة

وبما أن ١ بوصة = ١,٥٨ ميل

١. (س) بوصة = ٥ ميل.

$$\text{١. (س) } = \frac{100 \times 1 \times 5}{158} = 3,16 \text{ بوصة}$$

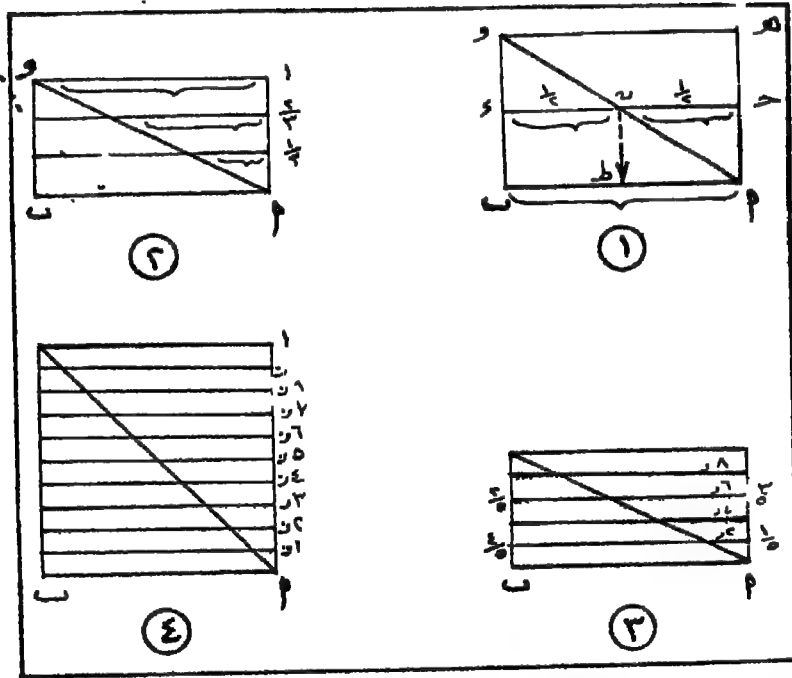
وهكذا نرسم خطاً طوله ٣,١٦ بوصة ، ثم نقسمه إلى خمسة أقسام متساوية (باستخدام طريقة الخط المساعد) ليمثل كل قسم منها ميلاً واحداً - وسوف يكون طول كل قسم في هذا المقياس ٠,٦٣ من البوصة وهذا بالطبع يمثل ميلاً واحداً .

ولكن مرة أخرى سوف نواجه من البداية بمشكلة قياس أجزاء مئوية من البوصة ، إذ كيف سنرسم خطاً طوله ٣,١٦ بوصة ؟ كيف نقيس هذه ٠,١٦ من البوصة ؟ وحتى إذا أردنا أن نرسم خط كل ميل على حده ، فسوف نجد طوله = ٠,٦٣ من البوصة . المشكلة إذن قائمة على أية حال ، ولا بد من طريقة نقيس بها الأجزاء المئوية من البوصة . وحل هذه المشكلة القياسية يكمن فيما يسمى بالمقياس الشبكي .

المقياس الشبكي : Diagonal scale

المقياس الشبكي عبارة عن مقياس مركب يمكن قياس أي كسور عشرية ومئوية عليه . سواء للمستقيم أو للبوصة - بمعنى أننا نستطيع مثلاً على هذا المقياس أن نقيس من ٠,٠١ إلى ٠,٩٩ من البوصة .

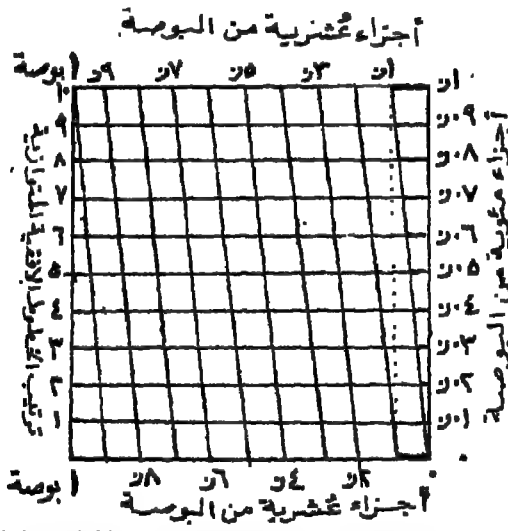
وتعتمد فكرة هذا المقياس على حقيقة هندسية بسيطة مؤداها أنه لتقسيم أي خط إلى قسمين متساويين ، وليكن الخط (ا ب) في الرسم البياني الأول من (شكل ٢٤) ، نرسم على هذا الخط العمودين (ه ا ، و ب) ، ثم نرسم خطين موازيين (ح د ، ه و) نخط الأصلي وعلى مسافات متساوية على العمودين . وحين نرسم القطر (و ا) فسوف ينصف الخط الأوسط (ح د) في نقطة (ن) ، ويقسمه إلى قسمين متساويين – وبالتالي فإن نصف الخط الأوسط (ح د) يمثل في نفس الوقت نصف الخط الأصلي (ا ب) . ويمكن اثبات ذلك باسقاط العمود (ن ط) من نقطة (ن) الذي ينصف الخط (ا ب) ويقسمه إلى قسمين متساويين



(شكل ٢٤) نظرية إستخدام القطر في تقسيم الخط للمستقيم ، وتطبيقها في المقياس الشبكي

وبالمثل ، إذا رسمنا ثلاثة خطوط موازية للخط الأصلي (ا ب) وعلى مسافات متساوية ، فإن القطر (و ا) سوف يقسم الخط الأصلي إلى ثلاثة أقسام متساوية (أنظر الرسم البياني الثاني في شكل ٢٣) . وإذا رسمنا عشر خطوط موازية وعلى مسافات متساوية ، فسوف يقسم القطر الخط الأصلي إلى عشر أقسام متساوية (الرسم البياني الرابع) . وهذه هي الأقسام العشر التي اعتمدت عليها فكرة المقياس الشبكي .

ولنحاول الآن أن نشرح طريقة انشاء المقياس الشبكي للبوصة ، وذلك على (شكل ٢٥) الذي رسمناه بضعف طول البوصة حتى تتضح التفاصيل . فبدأنا أولاً برسم الخط الأساسي (الأسفل) بطول بوصة واحدة ، ثم أقمنا عمودين على الجانبين ، ثم رسمنا عشرة خطوط موازية للخط الأساسي وعلى مسافات متساوية . بعد ذلك قسمنا خط البوصة في أسفل الشكل وفي أعلاه إلى عشر أقسام متساوية بطريقة الخط المساعد التي أشرنا إليها من قبل ، وبالتالي فكل



(شكل ٢٥) نموذج مكبر يوضح تقسيم المقياس الشبكي للبوصة (ضعف البوصة) .

قسم من هذه الأقسام يمثل ٠,١ من البوصة - سواء في الخط الأسفل أو الأعلى ، ولنتذكر ذلك جيداً ، لأننا الآن قد وصلنا إلى التقسيم العشري للبوصة .

وفي الخطوة التالية - وهي جوهر المقياس الشبكي - قمنا برسم عشرة خطوط متوازية تقطع الخطوط الأفقية ، بحيث تبدأ من بدايات الأجزاء العشرية من ناحية ، وتنتهي عند نهايات نفس الأجزاء العشرية من الناحية الأخرى . وبذلك يتكون المقياس الشبكي . الذي تتمثل خصائصه فيما يلي :

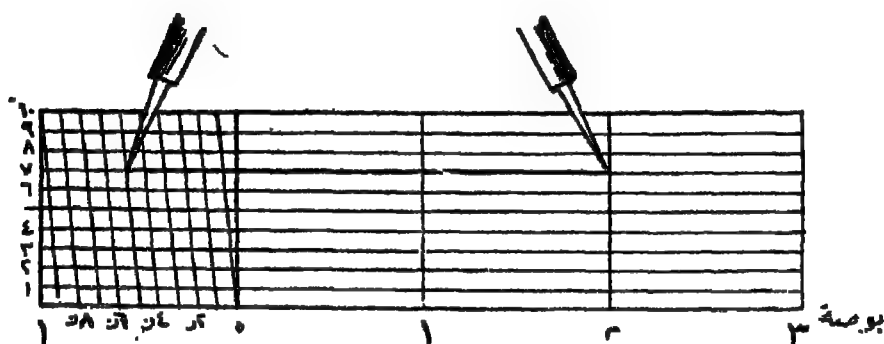
١ - الخط الأول الذي يبدأ من بداية القسم العشري الأول من البوصة في أسفل الشكل ، وينتهي عند نهاية نفس القسم العشري في أعلى الشكل ، ويقطع في نفس الوقت الخطوط الأفقية المتوازية ، هذا الخط هو في الواقع عبارة عن قطر يقسم عشر (بضم العين) البوصة نفسه إلى عشرة أجزاء متساوية - وذلك على طول الخطوط الأفقية العشرة التي يقطعها (تذكر الشكل السابق) . وبالتالي يمثل الخط الأفقي الأول عشر العشر ($\frac{1}{10}$) من البوصة - أي ٠,١ من البوصة . ويمثل الخط الأفقي الثاني ٠,٢ من البوصة . وهكذا حتى الخط الأفقي التاسع الذي يمثل ٠,٩ من البوصة ، أما الخط العاشر فيمثل من الأساس ٠,١ من البوصة - شأنه في ذلك شأن الأقسام العشرية الأخرى التي ينقسم إليها الخط الأعلى أو الخط الأسفل .

إذن نحن متفقون من الآن على أنه لو كان لدينا قسم مثوي من البوصة . لا بد أن نقيسه على طول الخطوط الأفقية التي يقطعها الخط الأول من اليمين (وهو القطر) . فلو أردنا قياس ٠,٥٧ من البوصة مثلاً ، نبدأ أولاً بالرقم ٧ لأنه الجزء المثوي من البوصة ، وذلك بالبحث عن الخط الأفقي السابع ، ثم نحسب بعد ذلك خمسة أقسام عشرية من البوصة إلى اليسار من رقم ٧ مباشرة .

٢ - التقسيمات الواقعة على يسار التقسيمات المثوية ، هي في الواقع تقسيمات عشرية من البوصة ، لأنها محددة بخطوط متوازية ، تصل بين أقسام عشرية من البوصة على طول الخط الأسفل والخط الأعلى من الشكل

ولهذا ذكرنا منذ برهة أن نحسب خمسة أقسام عشرية على يسار الخط السابع في التقسيم المتوي ، حتى نحدد قياس خط طوله ٠,٥٧ من البوصة .

وبالمثل ، لقياس خط طوله مثلاً ٠,٨٤ من البوصة ، نبحث أولاً عن الخط الرابع في التقسيم المتوي (في يمين الشكل) ، ثم نحسب إلى اليسار منه مباشرة ثمانية أقسام عشرية ، وبالتالي يتحدد أمامنا الخط الذي يبلغ طوله ٠,٨٤ من البوصة . ويحسن أن تتم كل هذه التحديدات بالمقسم أو الفرجار ، حتى نضمن دقة القياس .



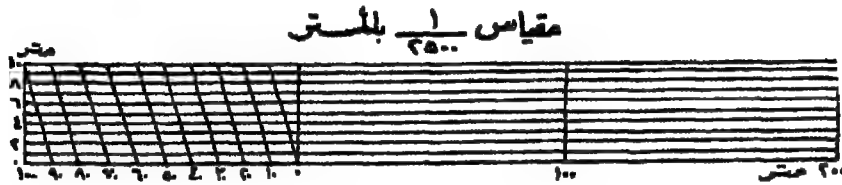
(شكل ٢٦) مقياس شبكي للبوصة (يقيس ابتداء من $\frac{1}{16}$ من البوصة) .

ويمثل (شكل ٢٦) نموذجاً لمقياس البوصة الشبكي ، وقد قسنا عليه بواسطة المقسم خطاً طوله ٢,٥٧ بوصة . والواقع أن للمقياس الشبكي عدة فوائد يتمثل أهمها فيما يلي :

١ - يمكن أن نعرف منه الأجزاء المئوية لأية وحدة قياس كالستيمتر أو البوصة ، ويفيدنا هذا في قياس أي خط لدينا يتضمن كسوراً مئوية ، مثل طول الخط الذي ذكرناه في المثال السابق ، وهو ٣,١٦ بوصة .

٢ - عرفنا أنه لا يمكن تقسيم المقياس الخطي العادي إلا إلى أقسام أساسية وأقسام ثانوية قد يصل تقسيمها إلى عشرة أجزاء فقط من الوحدة الأساسية .

ولكن بتحويل هذا المقياس الخطي العادي إلى مقياس شبكي يمكن أن نقرأ عليه الأقسام المثوبة للوحدة الأساسية في المقياس ، وبذلك نستطيع مثلاً أن نعرف طول طريق أو أي مسافة بين نقطتين بشكل دقيق . ولهذا السبب كثيراً ما يُرسم المقياس الشبكي - بدلاً من المقياس الخطي - على الخرائط التفصيلية الكبيرة المقياس حتى يساعد على دقة القياس في الخريطة ؛ ومن أمثلة ذلك المقياس الشبكي الذي يوضحه (شكل ٢٧) ، وهو مرسوم على كل لوحة من لوحات خرائط الريف المصرية (فك الزمام) بمقياس ٢٥٠٠/١ ، ونستطيع على هذا المقياس أن نقيس ابتداءً من المتر الواحد - على هذه الخرائط التفصيلية .



(شكل ٢٧) مقياس شبكي مرسوم على لوحات خرائط الريف المصرية بمقياس ٢٥٠٠/١ . وهو يقيس ابتداءً من المتر الواحد (النموذج مُصغر قليلاً) .

المقياس المقارن : Comparative scale

المقياس المقارن عبارة عن مقياس خطية عادية ترسم على نفس الخريطة ، بحيث يقسم إحداها إلى وحدات كيلومترية ، ويقسم الآخر إلى وحدات ميلية ، ويمكن أن يضاف إليها أيضاً مقياس خطي ثالث يقسم إلى وحدات الميل البحري والغرض من هذا المقياس هو قياس المسافات على الخريطة بكل وحدة من هذه الوحدات القياسية ، ثم مقارنتها ببعضها البعض .

وكان قد شاع استخدام المقاييس المقارنة أثناء الحرب العالمية الأولى وبعدها ، وذلك عندما اضطرت جيوش دولة معينة إلى الخدمة في دول أخرى تستخدم وحدة قياس مختلفة لم تعود عليها معه الجيوش في بلادها مثلاً

عندما خدمت القوات البريطانية والأمريكية في فرنسا التي تستخدم النظام المتري . ولكي يسهلوا مهمة مثل هذه القوات ، فقد زدوهم بخرائط عليها مقاييس مقارنة – بالكيلومتر والميل .

وعندما نرسم مقياساً مقارناً ، يجب أن تُرسم المقاييس الخطية تحت بعضها ، بشرط أن تكون أصفار البداية على خط طولي واحد (أي متفقة البداية) في كل المقاييس الخطية – كما يظهر هذا واضحاً في أسفل (شكل ٢٢) ، وفي (شكل ٢٨) .

مثال : حوّل مقياس الكسر البياني ١/١,٠٠٠,٠٠٠ إلى مقياس مقارن ، بحيث يقرأ لكل ١٠ من وحدات الكيلومتر والميل والميل البحري .

الحل : بالنسبة للكيلومتر ؛ فهذا المقياس يعني أن :

١ سم على الخريطة يمثل ١,٠٠٠,٠٠٠ سم على الطبيعة .

∴ ١ سم يمثل ١٠ كيلومتر (لأن كم = ١٠٠,٠٠٠ سم)

وبذلك يمكن رسم خط ويقسم إلى ستيمترات يمثل كل منها ١٠ كم .

وبالنسبة للميل العادي (القانوني) ؛ فهذا المقياس يعني أن :

١ بوصة على نفس الخريطة تمثل ١,٠٠٠,٠٠٠ بوصة على الطبيعة .

∴ ١ بوصة تمثل ١٥,٧٨ ميل (لأن الميل = ٦٣٣٦٠ بوصة)

وبفرض أن (س) بوصة = ١٠ ميل

$$\therefore (س) = \frac{1 \times 10}{15,78} = 0,63 \text{ بوصة}$$

وبذلك يمكن رسم خط أسفل الخط السابق ، ونقسمه إلى وحدات طول

كل منها ٠,٦٣ من البوصة لكي تمثل كل وحدة منها ١٠ ميل .

وبالنسبة للميل البحري ^(١) ؛ فهذا المقياس يعني أن :

١ بوصة على نفس الخريطة تمثل ١,٠٠٠,٠٠٠ بوصة على الطبيعة

١ بوصة تمثل ١٣,٧ ميل بحري (لأن الميل البحري = ٧٢٩٦٠ بوصة)

وبفرض أن (س) بوصة = ١٠ ميل بحري

$$(س) = \frac{1 \times 10}{13,7} = ٠,٧٣ \text{ بوصة}$$

وبذلك يمكن رسم خط أسفل الخطين السابقين ، ونقسمه إلى وحدات طول كل منها ٠,٧٣ من البوصة لكي تمثل كل وحدة منها ١٠ ميل بحري - كما في (شكل ٢٨) .



(شكل ٢٨) نموذج للمقياس المقارن ، يقيس على نفس الخريطة بوحدات الكيلومتر والميل والميل البحري .

معرفة مقياس رسم خريطة ليس عليها مقياس :

قد نجد أحيانا خريطة لا تحمل أي مقياس رسم ، وهذا من أهم مظاهر الضعف في الخريطة المرسومة ، ولكنه يحدث على كل حال وقد تكون هذه الخريطة مهمة بالنسبة لنا و نريد أن نعرف مقياس رسمها وهناك في هذا المجال طريقتان لمعرفة مقياس رسم أي خريطة

ميل البحري = ١,١٥ ميل والميل البحري = ٧٢٩٦٠ بوصة

(١) الاستعانة بطول الدرجة العرضية : عرفنا في فصل سابق أن طول الدرجة العرضية على سطح الأرض ثابت تقريبا ، ويساوي ١١١ كيلومتر في المتوسط (أو ٦٩ ميل) . فإذا كانت خطوط العرض مرسومة على الخريطة التي نريد معرفة مقياس رسمها . فقد سهلت المسألة ؛ لأنه بقياس طول الدرجة العرضية على الخريطة بالاستتيمر ، يمكن معرفة مقياس الرسم . ولنفرض أننا قسنا طول هذه الدرجة العرضية (ويجب أن يكون القياس في منتصف الخريطة أو على طول خط طولها الذي ينصفها) ، ووجدناه يساوي ٢,٣ سم ، نتبع الخطوات التالية (مع ملاحظة أن طول الدرجة العرضية = ١١١ كم دائما) :

٢,٣ سم على هذه الخريطة = ١١١ كم على الطبيعة

وبفرض أن (س) سم على هذه الخريطة = ٥٠٠ كم

$$\therefore (س) = \frac{٢٣ \times ٥٠٠}{١١١} = ١٠,٣٦ \text{ سم}$$

وبهذا يمكن رسم خط طوله ١٠,٣٦ سم على هذه الخريطة لكي يمثل ٥٠٠ كم على الطبيعة ، وبطريقة الخط المساعد يمكن تقسيم هذا الخط إلى خمسة أقسام متساوية لكي يمثل كل منها ١٠٠ كم (أو إلى عشر أقسام ليمثل كل منها ٥٠ كم — فهذه التقسيمات الداخلية متروكة للنوق الرسام وما يناسب الخريطة وطول الخط نفسه) .

ويجب أن نلاحظ هنا مسألة في غاية الأهمية ، وهي أن خطوط العرض في مثل هذه الخريطة قد تكون مرسومة لكل درجتين من درجات العرض ، أو لكل ٤ أو ٥ أو ١٠ درجات . وهنا ينبغي الحذر عندما نقيس المسافة بين خطين قد يحصران فيما بينهما ٢ درجة عرضية ، ففي هذه الحالة نقول : بقياس المسافة بين خطي العرض وُجد أنها تساوي ٣ سم (مثلا) ؛

$$\therefore ٣ \text{ سم على هذه الخريطة} = ٢ \times ١١١ = ٢٢٢ \text{ كيلومتر}$$

ونستمر في اتباع باقي الخطوات التي أشرنا إليها في المثال السابق .
أما إذا كانت هذه ٣ سم بين خطين بمثلان خمس درجات عرضية ،
فنقول :

٣ سم على هذه الخريطة = ١١١ × ٥ = ٥٥٥ كيلومتر (وهكذا ...) .

(٢) الاستعانة بخريطة مماثلة معروفة مقياس رسمها : وهذه طريقة أخرى
نضطر إلى استخدامها في حالة وجود خريطة ليس عليها مقياس رسم ، كما
أنه لا يوجد عليها أي خطوط عرض ، ولنسمي هذه الخريطة ١ والخريطة الأولى ،
في مثل هذه الحالة نستعين بخريطة ثانية تماثل الخريطة الأولى من حيث
موضوع الرسم ، وقد تكون أكبر أو أصغر مقياساً من الخريطة الأولى .
فمثلاً إذا كانت الخريطة الأولى للدلتا المصرية ، فيجب أن تكون الخريطة
الثانية للدلتا المصرية أيضاً - وإن اختلف مقياسها . ثم نتبع الخطوات التالية :

أ - نحدد على الخريطة الثانية (المعروفة مقياسها) أي نقطتين واضحتين ،
مثلاً مدينتين أو أي علامتين مميزتين ، بحيث تكونا في منتصف الخريطة أو
أقرب ما يكون لهذا المنتصف . ثم نقيس المسافة بين هاتين النقطتين بالسنتيمتر
ولنفرض أن هذه المسافة = ٤ سم . ننتقل بعد ذلك إلى المقياس الخطي في أسفل
هذه الخريطة لكي نعرف كم تمثل هذه الأربعة سنتيمترات على الطبيعة
بالكيلومترات ، ولنفرض أنها تمثل على هذا المقياس ٦,٢٥ كيلومتر .

ب - الواقع أن هذه ٦,٢٥ كيلومتر هي نفس البعد بين نفس النقطتين
على الخريطة الأولى غير المعروفة مقياس رسمها (لأن المسافة على الأرض
ثابتة مهما اختلف مقياس رسم الخرائط) . وكل ما علينا بعد ذلك هو أن
نحدد بالمثل موقع هاتين النقطتين على الخريطة الأولى ، ونقيس المسافة بينهما
بالسنتيمتر ، ولتكن هذه المسافة = ٢,٥ سم . ففي هذه الحالة نقول :

٢,٥ سم على الخريطة الأولى تمثل ٦,٢٥ كيلومتراً على الطبيعة .

١. (س) سم على الخريطة الأولى تمثل ٥٠ كيلومترا .

$$\therefore (س) = \frac{٢,٥ \times ٥٠}{٦,٢٥} = ٢٠ سم$$

وبهذا يمكن رسم خط على الخريطة الأولى طوله ٢٠ سم لكي يمثل ٥٠ كيلومترا ، ويمكن بعد ذلك أن نقسم هذا الخط إلى أي عدد من الأقسام المتساوية - مثلا نقسمه إلى خمس أجزاء متساوية ليمثل كل منها ١٠ كيلومتر . وهناك حل آخر نستخدمه حين نريد معرفة هذا المقياس بالكسر البشري ، وهو :

بما أن ٢,٥ سم على الخريطة الأولى تمثل ٦,٢٥ كيلومتر على الطبيعة .

١. ٢,٥ سم تمثل ٦٢٥ ٠٠٠ سم (الكيلومتر = ١٠٠ ٠٠٠ سم)

١. ١ سم يمثل ٢٥٠ ٠٠٠ سم

مقياس رسم هذه الخريطة ١ / ٢٥٠,٠٠٠

تصنيف الخرائط حسب مقياس الرسم :

من الصعب في الواقع أن نقوم بتصنيف دقيق لأنواع واستخدامات الخرائط الهائلة العدد . وهناك جهود كثيرة بذلت لتصنيف الخرائط ؛ أكثرها دلالة في الحقيقة هو ذلك التصنيف الذي يقوم على أساس القيمة النفعية للخرائط : مثل الخرائط الطبوغرافية التي تفيد في كثير من الأغراض العامة ، والخرائط الملاحية ، والخرائط التاريخية ، والخرائط الاقتصادية ، والخرائط السكانية وهكذا . على أنه يمكن استخدام « مقياس الرسم » كأساس مهم في تصنيف الخرائط التي نتداولها . وعلى هذا الأساس . تنقسم الخرائط إلى ما يلي :

١ - الخرائط العالمية Global or World Maps : وتسمى هذه الخرائط أيضا بالخرائط المليونة ، لأن مقياس رسمها صغير عادة ، ويبدأ من مقياس

١/ مليون فأصغر - مثل ١/ ٢,٠٠٠,٠٠٠ أو ١/ ٥ مليون وهكذا . وتشمل هذه الفئة من الخرائط : خرائط الأطالس العامة وخرائط الجائط للفصول المدرسية مثل خريطة الدنيا أو خريطة قارة إفريقيا ... إلخ . وتوضح مثل هذه الخرائط الصورة العامة لسطح الأرض وشكل القارات والحدود السياسية للدول ومواقع المدن والموانئ الهامة . وتظهر المدن والأنهار والحدود بشكل رمزي مثل الدوائر والخطوط السمكة والخطوط المتقطعة .

٢ - الخرائط الطبوغرافية Topographical Maps : اشتق مصطلح « طبوغرافيا » من الكلمتين اليونانيتين topos ومعناها « مكان » ، و graphia ومعناها « طريقة رسم أو وصف » . ومن ثم تعني كلمة طبوغرافيا : الوصف أو الرسم التفصيلي للمكان - سواء أكان هذا المكان مدينة أو أي جزء صغير من سطح الأرض . والخريطة الطبوغرافية بهذا المعنى عبارة عن خريطة بمقياس رسم كبير نوعاً تصور منطقة صغيرة أو محدودة من سطح الأرض ، بحيث يسمح بمقياس رسمها الكبير بتصوير الظاهرات الطبيعية والبشرية بمقياسها الصحيح . وتشمل هذه الظاهرات : خطوط الكنتور والمستنقعات والغابات ، ثم المدن والقرى بأشكالها الحقيقية (وليس بشكل رمزي كالدائرة أو المربع) ، كما تشمل أيضاً نظم التصريف من أنهار وترع ومصارف وأنواع الطرق المختلفة . والخرائط الطبوغرافية ليست معممة كخرائط الأطالس صغيرة المقياس ، وإنما تعتمد على عمليات المساحة الدقيقة ، والتي أشرنا إليها في الفصل الثاني .

وتبدأ مقياس الخرائط الطبوغرافية عادة من مقياس ١/ ٨٠,٠٠٠ ثم أكبر من ذلك حتى مقياس ١/ ٢٠,٠٠٠ - مع اعتبار ١/ ٥٠,٠٠٠ المقياس الأمثل للخرائط الطبوغرافية . وتصدر بريطانيا خرائط طبوغرافية بمقياس ١/ ٦٣,٣٦٠ أي بوصة لكل ميل ، كما تستخدم مقياس أخرى مثل ١/ ٢٥,٠٠٠ (وذلك منذ سنة ١٩٤٥ ، وهو المقياس الذي تستخدمه دول القارة الأوروبية مثل ألمانيا وهولنده إيطاليا وسويسرا وبعض دول شرقي أوروبا . كما تستخدم

مصلحة المساحة المصرية عدة مقاييس لخرائطها الطبوغرافية ، وأهمها مقياس $1/100,000$ (أي سنتيمتر لكل كيلومتر ، ويكون مجموع لوحات هذه الخرائط ما يعرف باسم : أطلس مصر الطبوغرافي) ، ثم مقياس $1/50,000$ ، وهو يمثل اللوحات الطبوغرافية الحديثة في مصر ، وكذلك مقياس $1/25,000$.

ومن الجدير بالذكر أن الخرائط الطبوغرافية أنشئت أساسا في دول العالم المختلفة من أجل الأغراض الحربية ، ولذلك كثيرا ما تسمى الخرائط الطبوغرافية بالخرائط العسكرية ؛ فهي توضح كل أنواع الظواهر ذات الأهمية الاستراتيجية والتي قد تفيد في تخطيط عمليات التكتيك الحربي وفي تحريك وتدريب الجيوش . وتتمثل بعض هذه الظواهر في أشكال سطح الأرض وحدود المناطق الادارية ووسائل النقل والمواصلات وأنابيب المياه والبتروول والخطوط الكهربائية ومناطق العمران . وفي الماضي ، كانت الخرائط العسكرية المتاحة هي أكثر أنواع الخرائط الطبوغرافية تفصيلا . ولكن لم تعد هناك اختلافات ملحوظة بين الخريطة العسكرية والخريطة الطبوغرافية العامة (مثل الخريطة السياحية) في الوقت الحاضر .

٣ - الخرائط الكدستريالية (المساحة التفصيلية) Cadastral : وهذه فئة خرائط المساحة التفصيلية ، ومقياسها أكبر من مقياس رسم الخرائط الطبوغرافية ، ولذلك تشتمل على تفاصيل كثيرة لمنطقة محدودة المساحة . وفي الغالب نجد مقياس الخرائط الكدستريالية أكبر من مقياس $1/10,000$ (أي سنتيمتر لكل ١٠ متر) . ومن ثم يدخل ضمن تصنيف هذه الفئة : الخرائط الكبيرة المقياس مثل $1/5,000$ أو $1/2,500$. ويطلق على هذا النوع من الخرائط أيضا مصطلح Plan - أي الخريطة التفصيلية ذات المقياس الكبير لمنطقة محدودة المساحة مثل منطقة المدينة أو منطقة زراعية صغيرة . وعلى هذا الأساس ، يمكن تقسيم الخرائط الكدستريالية إلى قسمين رئيسيين :

١ - الخرائط الكدستريالية الزراعية : وهذه خرائط يسمح مقياسها الكبير

بإظهار التفاصيل الدقيقة في الجهات الزراعية أو الريفية ، مثل تفاصيل حدود الحقول والأحواض الزراعية وكذلك تفاصيل المباني متصلة كانت أو غير متصلة . ولهذا كانت هذه الخرائط مفيدة في أغراض فرض الضرائب وفي تحديد الملكيات العقارية في التسجيلات القانونية . وتصدر مصاحبة المساحة المصرية خرائط تفصيلية من هذا النوع بمقياس ١/٢٥,٠٠٠ لمناطق الريف المصري ، وهي الخرائط التي تباع للجمهور وتعرف في الريف المصري بخرائط فك الزمام .

ب - الخرائط الكدستريالية المدنية (الحضرية) : وهي أيضا خرائط تفصيلية بمقياس كبير ولكنها تختص بالمدن وضواحيها . وتوضح مثل هذه الخريطة كل الملامح الحضرية للمدينة ، مثل المباني والمدارس والشوارع ومحطات السكك الحديدية ومراكز الشرطة ومحطات إطفاء الحريق وغير ذلك من معالم المدينة . وهذه الخرائط مهمة جدا في برامج تخطيط المدن ، لأنها تتخذ كخرائط أساسية توقع عليها أنواع استخدام الأرض المختلفة في المدينة ، أو توزيعات السكان ودرجة كثافتهم .. إلخ ومن المعروف أن الخرائط الكدستريالية هي نتاج عمليات المساحة التفصيلية ، ثم تصغر بعد ذلك لتكون الخرائط الطبوغرافية .

ج - جدول المقاييس العددية المهمة وما يساويها في المقاييس الخطية :

عرفنا كيف نحول مقاييس الكسور البيانية (العددية) إلى مقاييس خطية حتى يمكن رسمها على الخرائط ، ويتم عملية التحويل هذه بإجراء بعض العمليات الحسابية . ولكي نسهل الأمر على الكرتوجرافي الرسام ، نذكر في الجدول التالي أهم مقاييس الكسور البيانية المستخدمة في الخرائط ، وما يقابلها عند تحويلها إلى مقاييس خطية

المقياس العددي / ١	الستيمتر يمثل	الكيلومتر يمثل	البوصة تمثل	الميل يمثل
١,٠٠٠,٠٠٠	١٠ كم	٠,١ سم	١٥,٧٨ ميل	٠,٠٦٣ بوصة
٥٠٠,٠٠٠	٥ كم	٠,٢ سم	٧,٨٩ ميل	٠,١٢٧ بوصة
٢٥٠,٠٠٠	٢,٥ كم	٠,٤ سم	٣,٩٥ ميل	٠,٢٥٣ بوصة
١٢٥,٠٠٠	١,٢٥ كم	٠,٨ سم	١,٩٧ ميل	٠,٥٠٧ بوصة
١٠٠,٠٠٠	١ كم	١ سم	١,٥٨ ميل	٠,٦٣٤ بوصة
٦٣,٣٦٠	٠,٦٣٤ كم	١,٥٨ سم	١ ميل	١ بوصة
٦٢,٥٠٠	٠,٦٢٥ كم	١,٦ سم	٠,٩٨٦ ميل	١,٠١٤ بوصة
٥٠,٠٠٠	٠,٥ كم	٢ سم	٠,٧٨٩ ميل	١,٢٧ بوصة
٢٥,٠٠٠	٠,٢٥ كم	٤ سم	٠,٣٩٥ ميل	٢,٥٣ بوصة
٢٠,٠٠٠	٠,٢ كم	٥ سم	٠,٣١٦ ميل	٣,١٧ بوصة
١٠,٥٦٠	٠,١٠٥ كم	٩,٤٧ سم	٠,١٦٧ ميل	٦ بوصة
١٠,٠٠٠	٠,١ كم	١٠ سم	٠,١٥٨ ميل	٦,٣٤ بوصة
٥,٠٠٠	٥٠ متر	٢٠ سم	١٣٩ ياردة	١٢,٦٧ بوصة
٢,٥٠٠	٢٥ متر	٤٠ سم	٦٩,٥ ياردة	٢٥,٣٤ بوصة
١,٢٥٠	١٢,٥ متر	٨٠ سم	٣٤,٧٥ ياردة	٥٠,٦٩ بوصة

تمارين

- ١ - حول المقياس ١/٥٠٠,٠٠٠ إلى مقياس خطي ، بحيث يقاس لكل ٤ كم .
- ٢ - ارسم مقياس خطي كيلومري للمقياس ١/٢٥٠,٠٠٠
- ٣ - ارسم مقياس خطي ميل للمقياس ١/٦٣٣,٦٠٠
- ٤ - حول المقياس ١/٢٥٣,٤٠٠ إلى مقياس خطي ميل .

٥ - أذكر المقياس الأكبر في كل مجموعة من المجموعات التالية

١ - ٥٠,٠٠٠/١ ، ٣٠,٠٠٠/١

ب - ١٠,٠٠٠/١ ، ١٠٠,٠٠٠/١

ج - ٤,٥٠٠,٠٠٠/١ ، ٤,٧٥٠,٠٠٠/١

د - ستيمر لكل ٤ كم ، ستيمر لكل ٢,٥ كم

هـ - بوصة لكل ٦ ميل ، بوصة لكل ١٠ ميل

٦ - ارسم مقياس خطي كيلومري من المقياس : بوصة لكل ميل .

٧ - على خريطة لمدينة القاهرة بمقياس ١٥,٠٠٠/١ ، قست المسافة بين ميدان التحرير وميدان رمسيس (ميدان محطة السكة الحديدية) فوجدت ١٥ سم . ارسم مقياس خطي لهذه الخريطة ، ثم استعن به في إيجاد المسافة الحقيقية بين هذين الميدانين .

٨ - ارسم مقياساً شبكياً للمقياس ١٠٠/١ ليقرأ حتى الستيمتر .

٩ - ارسم مقياساً شبكياً للمقياس ١٠,٠٠٠/١ ليقرأ حتى ٥ متر .

١٠ - ارسم مقياساً مقارناً للمقياس ٢٥٠,٠٠٠/١ ، بحيث يقيس لكل ٥ وحدات كيلومترية وميلية .

مراجع الفصل الخامس

- ١ - محمد صبحي عبد الحكيم وماهر البهي (١٩٦٦) ، علم الخرائط ، القاهرة (الفصل الثاني).
- ٢ - Bygott, J. (1962), An Introduction to Mapwork and Practical Geography, 8th ed., London.
- ٣ - Monkhouse, F.J. and Wilkinson, H.R. (1971), Maps and Diagrams, 3rd ed., London.
- ٤ - Raisz, E. (1948), General Cartography, New York.
- ٥ - Singh, R. and Kanaujia, L.R. (1963), Map-Work and Practical Geography, Central Book Depot : Allahabad.

الفصل السادس

التطبيقات العملية لمقاييس الرسم

تعدد طرق الانتفاع بمقاييس الرسم بشكل عظيم . فما دنا نعرف مقياس رسم الخريطة نستطيع أن نستفيد منه بطرق شتى ؛ فبواسطته يمكن أن نقيس المسافات على طول الطرق والأبعاد الخطية الأخرى على الخريطة ، بل ونستطيع أن نعرف قدر أي مساحة مهما اختلف شكلها على الخريطة . وبواسطة مقياس الرسم نستطيع أيضاً أن تكبر أي خريطة أو نصغرها إلى المقياس الذي نراه مناسباً لنا . كذلك يمكن بمساعدة مقياس الرسم أن نعرف درجة انحدار الأرض ، وأن نرسم القطاعات التضاريسية – العرضية والطولية – التي تعيننا على فهم أشكال سطح الأرض وطبيعة انحداراتها . وسوف نقتصر في هذا الفصل على دراسة طرق قياس المسافات والمساحات على الخرائط ، ثم طرق تكبير وتصغير الخرائط .

طرق قياس المسافات والمساحات

أولاً : قياس المسافات أو الأبعاد على الخريطة :

كثيراً ما نحتاج إلى قياس المسافة بين مدينتين ، أو بين أي نقطتين معلومتين ،

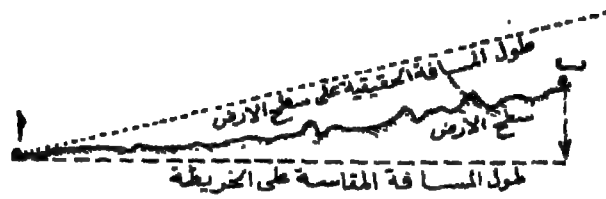
وذلك على طول طريق أو سكة حديدية أو نهر . وهنا سوف تواجهنا المشكلة الأساسية وهي التي أشرنا إليها في فصل سابق ، والخاصة بتمثيل سطح الأرض الكروي على سطح مستوى وهو سطح لوحة الورق ، اذ لا بد أن يكون هناك انحراف من أي نوع مهما كان شكل المسقط المستخدم في الرسم . وقد ذكرنا أن أقصر مسافة بين أي نقطتين على سطح الأرض هي عبارة عن قوس أو جزء من دائرة عظمى ، ولما كان هذا القوس يتحول إلى خط على مستوى ورقة الخريطة ، فلا يمكن أن يكون القياس على الخريطة (المسطحة) مطابقاً تماماً للواقع على سطح الأرض (الكروي) مهما تحرينا الدقة في القياس . وقد تمكن العلماء من التغلب على هذه المشكلة حين وضعوا جداول خاصة ، تسمى الجداول الجغرافية ، تتضمن الأطوال الحقيقية لأقواس الطول ودوائر العرض ، وكذلك جداول تتضمن مساحة كل شكل رباعي تحدده درجة واحدة عرضية وطولية على سطح الأرض .

وعلى كل حال ، ليس هنا مجال الخوض في هذه المسائل المعقدة ، وقد ذكرناها لمجرد أنها حقيقة يجب أن نضعها في اعتبارنا عندما نقيس المسافات على الخرائط . ولا بأس أن نتبع القواعد العامة في قياس المسافات على الخرائط ما دامت في حدود عشرة درجات عرضية وطولية من وسط الخريطة . ولا شك أن أقرب القياسات إلى الدقة تتم على الخرائط الطبوغرافية والخرائط الكبيرة المقياس بصفة عامة ، ذلك أن مثل هذه الخرائط تمثل مساحات صغيرة من سطح الأرض غشبية القوس وتبدو مسطحة كسطح ورقة الخريطة التي تمثلها — كما ذكرنا من قبل — ومن ثم فالقياس بكاد يكون متطابقاً في الحالتين .

هناك أيضاً مشكلة أخرى نواجهها إذا كنا نقيس أبعاداً في منطقة مرتفعة شديدة التضرس ، فالجبال والوهاد الموجودة في الطبيعة لا يمكن حينئذ تمثيلها على الخريطة أن نخرج لها سطح الخريطة المستوى لكي تظهر بشكلها المجسم الصحيح ، وإنما تظهر على سطح الخريطة في شكل خطوط كتورية ورسوم صغيرة تدل على الارتفاع والانخفاض . وحينما نقيس طول طريق بين

نقطتين على الخريطة ، إحداها في منطقة منخفضة السطح والأخرى في منطقة مرتفعة مخرسة السطح ، فسوف تختلف المسافة على الخريطة عن مثيلاتها على الطبيعة - والتي ستكون في هذه الحالة أطول بشكل ملحوظ من المسافة على الخريطة ، كما يتضح ذلك من (شكل ٢٩) . ولكي نحصل على قياس دقيق في مثل هذه الأحوال الخاصة ، نرسم قطعاً طويلاً على طول المسافة التي نريد قياسها على الخريطة ، وسوف نشير إلى طريقة عمل مثل هذه القطاعات فيما بعد .

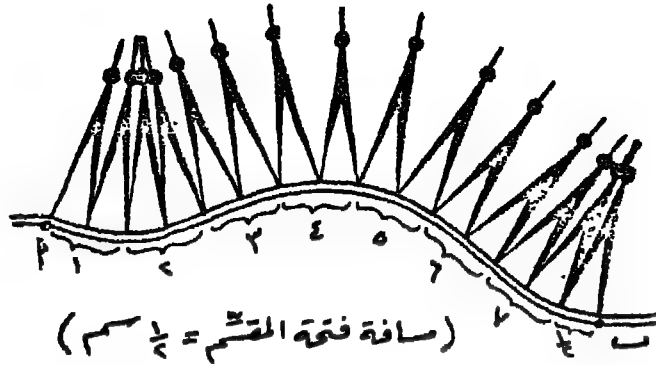
أما طرق قياس المسافات : في الخرائط ، فتمثل فيما يلي :



(شكل ٢٩) رسم تخطيطي يبين اختلاف طول المسافة المقاسة على الخريطة عن طولها الحقيقي في المناطق المرتفعة من سطح الأرض .

١ - المسطرة العادية :

من الطبيعي أن تكون المسطرة العادية هي أبسط طريقة لقياس مسافة معينة ، بشرط أن تمتد هذه المسافة على طول خط مستقيم ، فبعد أن نعرف طولها بالسنتيمتر (أو بالبوصة) نضع المسطرة على المقياس الخطي في أسف الخريطة ونقرأ طول هذه المسافة بالكيلومتر (أو بالميل) . ولكن كثيراً ما تكون الطرق أو الأبعاد المراد قياسها على شكل خطوط متعرجة ، بل شديدة الالتواء أحياناً ، وهنا يلزم أن نتبع طرقاً أخرى لقياس المسافات على مثل هذه الخطوط .



(شكل ٣٠) طريقة استخدام المقسم أو الفرجار في قياس طول طريق متعرج على الخريطة .

٢ - استخدام المقسم أو البرجل :

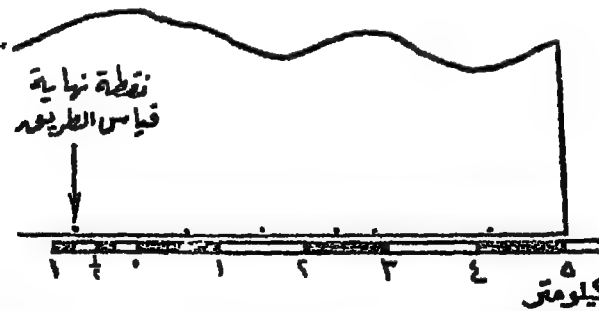
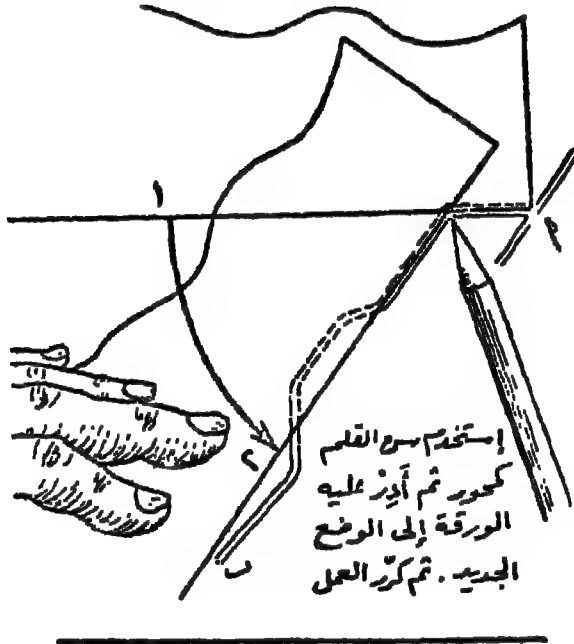
حينما يكون الخط المراد قياسه قليل التعرج نوعا ، فيمكن استخدام المقسم divider في قياسه ، وذلك بفتحه بمسافة معلومة (مثلا $\frac{1}{4}$ سم) ، ثم نبدأ في قياس الخط من بدايته إلى نهايته وذلك بعمل عدة نقالات للمقسم بشرط عدم روه عن الخط إلا في النهاية ، ثم نجمع عدد هذه النقالات لنعرف طولها بالسنتيمتر ، وبذلك يمكن قياس هذا الطول على المقياس الخطي في أسفل الخريطة (أنظر شكل ٣٠) .

٣ - استخدام الخيط :

يمكن تتبع الخط الذي نرغب في قياسه بخيط رفيع من بدايته حتى نهايته - مع العناية بتتبع كل ثنية على الخط . ثم نشد الخيط بعد ذلك على مسطرة لنعرف طول المسافة المقاسة بالسنتيمتر ، ونطبق هذا الطول على المقياس الخطي لمعرفة مسافته بالكيلومترات .

٤ - استخدام قطعة من الورق :

من الممكن أيضاً استخدام قطعة ورق على شكل شريط بحيث يكون حده المستعمل في القياس مستقيماً . ونبدأ بوضع بداية الورقة على طول الخط المراد قياسه ، ثم نضع سن القلم الرصاص على الورقة في النقطة التي ينحني عندها



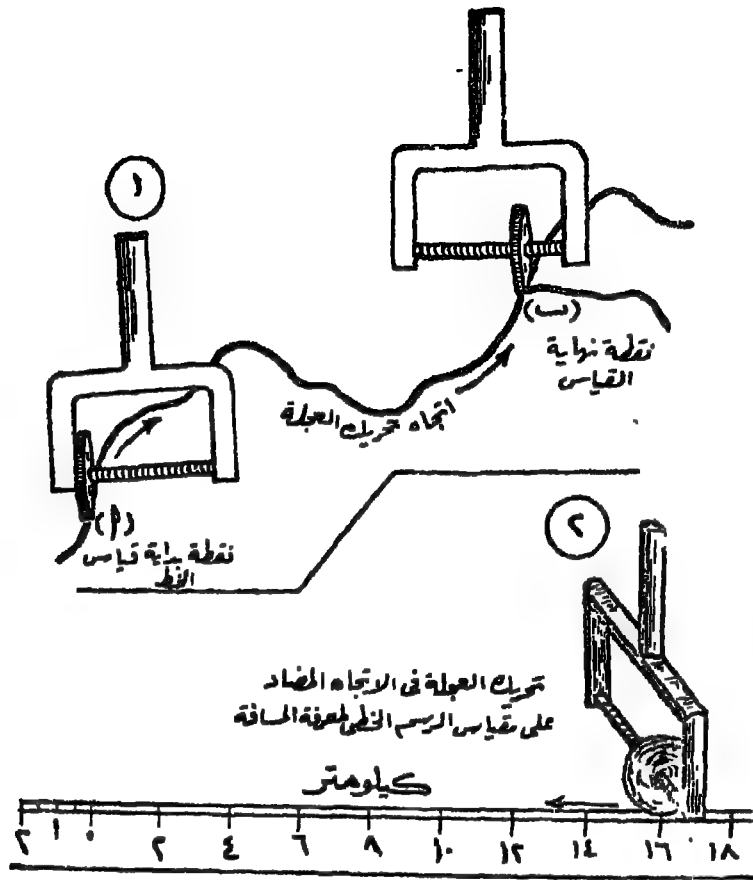
(شكل ٣٩) طريقة استخدام شريط من الورق في قياس المسافة على طول طريق متعرج على الخريطة .

الخط (أو الطريق) ، ثم ندير حافة الورقة بحيث تنطبق على طول القسم التالي من الطريق - مع استخدام سن القلم كمحور تدور عليه الورقة . ننقل القلم إلى نهاية هذا القسم التالي ، ونكرر نفس الطريقة حتى ينتهي الطريق (شكل ٣١) . وبتطبيق حافة الورقة على المقياس الخطي للخريطة يمكن أن نعرف طوله بالكيلومترات .

٥ - استخدام عجلة القياس :

تعتبر عجلة القياس opisometer أسرع وأدق وسيلة لمقياس الطرق أو الخطوط المتعرجة - خاصة الشديدة التعرج . وهذه العجلة على نوعين ، فمنها نوع بسيط ورخيص في نفس الوقت ، وهي عبارة عن يد حديدية صغيرة تنتهي بذراعين بينهما محور حلزوني تدور عليه عجلة صغيرة (شكل ٣٢) . وعندما نريد قياس خط بهذه الآلة الصغيرة نضبط العجلة بحيث تكون في النهاية اليسرى للمحور ، ثم نبدأ القياس من الجهة اليسرى للخط ، أي في اتجاه دوران عقرب الساعة ، وتحرك العجلة متبعين الخط حتى نهايته - وفي هذه الحالة تكون العجلة قد بعدت قليلاً أو كثيراً عن الارتفاع اليسرى لهذه الآلة . ننقل العجلة بعد ذلك بنفس وضعها بالحديد إلى المقياس الخطي ونحركها في الاتجاه المضاد - أي من اليمين إلى اليسار - حتى تعود مرة أخرى إلى نهاية المحور من الجهة اليسرى ، ونقرأ المسافة التي قطعتها العجلة في عودتها على المقياس الخطي ، فنعرف طول الطريق بالكيلومتر . ويجوز أن نقوم بالقياس مرتين ونأخذ المتوسط ، وذلك لضمان دقة القياس (إذ سيكون هناك توازن بين قياس الخطوط المنحنية للداخل والمنحنية للخارج) .

أما النوع الآخر من عجلة القياس فأكثر تعقيداً ودقة في نفس الوقت . وهي عبارة عن قرص كبير له يد طويلة نوعاً ، ومرسوم على هذا القرص دائرتان مقسمتان : الدائرة الخارجية وهي الأكبر مقسمة بالأمتال (٣٩ قسماً أو ميلاً) ، والدائرة الداخلية مقسمة بالكيلومترات (٩٩ قسماً أو كيلومتراً) .



(شكل ٣٢) عجلة القياس البسيطة وطريقة قياس المسافات بواسطتها .

وفي مركز القرص أو في مركز هاتين الدائرتين نجد مؤشراً رفيعاً كعقرب الساعة ، وتتحكم في حركته عجلة صغيرة مستنة في أسفل القرص . وعند بداية قياس أي خط متعرج على الخريطة يجب أن نضبط هذا المؤشر على صفر القياس في الدائرتين. (ويوجد الصفر في أعلى القرص) . ثم نبدأ بوضع العجلة الصغيرة المستنة على بداية الخط ونحركها - كما في المثال السابق - في اتجاه

دوران عقرب الساعة على الخط الذي نريد قياسه ، وذلك بمنتهى الدقة . وبعد أن ينتهي القياس نرفع العجلة ونقرأ الرقم الذي وصل إليه المؤشر : إما على دائرة الأميال (وهي الأكبر) إذا كانت الخريطة تستخدم المقياس الميلي ، أو على دائرة الكيلومترات (وهي الأصغر) إذا كان مقياس الخريطة الخطي بالكيلومترات . وسوف تكون القراءة على أي من الدائرتين قراءة مباشرة لطول المسافة المقاسة إذا كانت الخريطة بمقياس رسم $1/100,000$ — أي سم لكل كيلومتر (لأن كل سنتيمتر تجريه العجلة على الخريطة = قسماً على دائرة الكيلومترات ويقطعه المؤشر في حركته ، فإذا جرت العجلة ٥ سم على الخريطة تحرك المؤشر إلى نهاية القسم الخامس الذي يمثل في هذا المقياس ٥ كيلومتر) كذلك ستكون القراءة مباشرة على دائرة الأميال، إذا كان مقياس الخريطة $1/63,360$ (أي بوصة لكل ميل) .

أما إذا اختلف مقياس رسم الخريطة عن هذين المقياسين الأساسيين ، فلا بد من اجراء بعض العمليات الحسابية التكميلية لمعرفة طول مسافة الخط . وتعتمد هذه الحسابات على قيمة مقياس رسم الخريطة التي أمامنا ، وهل هو أصغر أم أكبر من المقياس الأساسي $1/100,000$ أو $1/63,360$ في حالة المقياس الميلي) . فإذا كان المقياس أصغر — مثلاً $1/500,000$ — فمعنى هذا أن السنتيمتر (وبالتالي القسم الواحد على دائرة الكيلومترات) = ٥ كيلومتر ؛ وباختصار نضرب الرقم المقروء على دائرة الكيلومترات في ما يساويه مقياس الرسم الأصغر بالكيلومترات . (مثال : . كانت قراءة المؤشر على دائرة الكيلومترات ٧ ، وكان مقياس رسم الخريطة $1/250,000$ — إذن طول الخط المقاس $7 \times 2,5 = 17,5$ كيلومتر) .

أما إذا كان مقياس الخريطة أكبر من المقياس الأساسي ، مثلاً $1/50,000$ ، فمعنى هذا أن السنتيمتر الذي تجريه العجلة على الخريطة = $2/1$ كيلومتر ؛ وباختصار نضرب أيضاً الرقم المقروء على دائرة الكيلومترات في ما يساويه مقياس الرسم الأكبر من كسور الكيلومتر . (مثال : . كانت قراءة المؤشر على

دائرة الكيلومترات ٨ ، وكان مقياس رسم الخريطة ٢٥,٠٠٠/١ [أي
الستيمتر = ٤/١ كم] - إذن طول الخط المقياس في هذه الحالة = $٤/١ \times ٨ =$
٢ كيلومتر) .

وعندما نقيس على دائرة الأميال نطبق نفس الاجراءات التي ذكرناها
تو ، مع ملاحظة أن البوصة ستحل محل الستيمتر ، والميل محل الكيلومتر .
ولتسهيل مهمة قياس الخطوط والأبعاد بهذا النوع من عجلات القياس ،
فقد ظهرت في السنوات الحديثة عجلة قياس من نفس النوع ، ولكن بدلاً
من رسم دائرتين للكيلومتر والميل على قرصها ، نجد ثلاث دوائر مقسمة على
كل وجه من وجهي القرص ، وكل دائرة من هذه الدوائر تمثل مقياس
رسم كيلومري معين ومكتوب عليها : مثلاً دائرة مقياس ١,٠٠٠,٠٠٠/١ ،
وإلى الخارج منها دائرة مقياس ١,٥٠,٠٠٠/١ . وبعدها دائرة مقياس ٢٥,٠٠٠/١ .
وعلى الجانب الآخر دائرة أخرى بمقياس ٢٥٠,٠٠٠/١ .. وهكذا . وهذه
هي المقاييس الشائعة في الخرائط ، وكل ما علينا هو أن نقرأ الرقم الذي يشير
إليه المؤشر في دائرة المقياس المطابق تماماً لمقياس رسم الخريطة - وستكون
القراءة مباشرة في هذه الحالة وبالكيلومترات .

ثانياً : قياس المساحات على الخريطة :

من المفيد أن يتدرب الكرتوجرافي على قياس أي مساحة غير منتظمة
الشكل على الخريطة . وطبيعي أن مساحات الدول والوحدات السياسية أمر
معروف ويمكن الحصول على هذه المساحات المقاسة بدقة من الكتب الإحصائية
المختلفة مثل كتب الإحصاءات السنوية التي تصدرها الأمم المتحدة . كذلك
عندما نتعامل مع الأقسام الإدارية للدول كالمحافظات والمراكز ، يمكن أن
نحصل على مساحتها الدقيقة أيضاً من كتب التعدادات المختلفة الخاصة بالدولة
(مثل تعدادات السكان والتعدادات الزراعية) .

ولكن حينما نتعامل مع وحدات مساحية غير ادارية ، مثل منطقة زراعية معينة نريد معرفة مساحتها أو جزء من بحيرة داخل حدود اقليم معين أو جزء تضاريسي معين محدود بخط كنتور معروف ، فقد نضطر في مثل هذه الأحوال أن نحسب المساحة المطلوبة من الخريطة نفسها . وتنقسم الطرق التي يمكن استخدامها في قياس المساحات إلى نوعين : طرق تخطيطية Graphical methods ، وهي عبارة عن رسوم بيانية خاصة نطبقها على المساحة المراد قياسها ؛ ثم الطرق الآلية Instrumental m. وتتضمن استخدام بعض الآلات في القياس . وهناك أيضا طرق هندسية تلخص في تقسيم الشكل إلى أشكال هندسية — كالمثلثات تم إيجاد مساحتها . ولن نعرض هنا لهذه الطرق المعقدة .

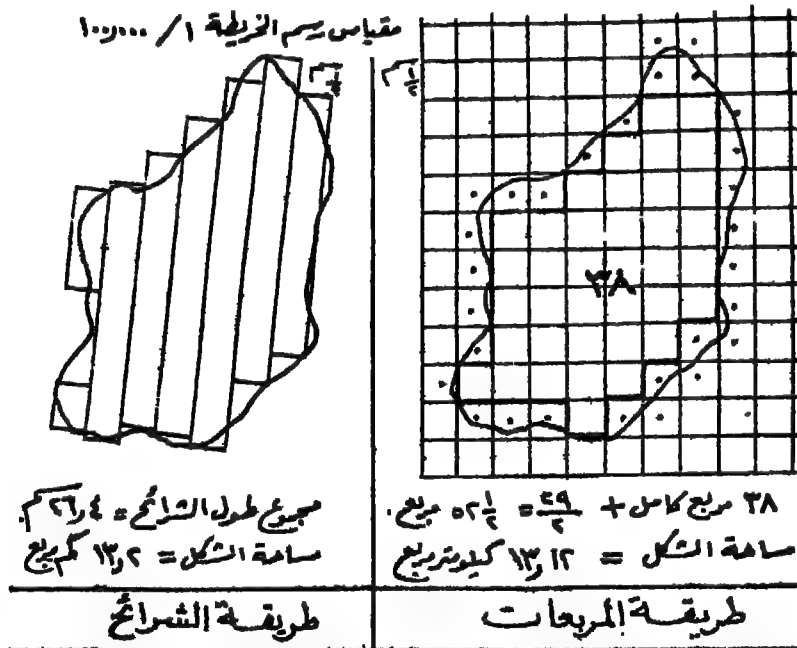
أما الطرق التخطيطية فهي كثيرة وتختلف في درجة دقة القياس بها ، وسوف نقتصر هنا على أبسط طرقها .

١ - طريقة المربعات :

وفي هذه الطريقة ، نغطي المساحة المراد قياسها بشبكة من المربعات ، ويتم ذلك إما بشف الخط الخارجي على ورقة كلك ثم نثبتها فوق ورقة مربعات عادية ، وإما بوضع ورقة المربعات على الخريطة نفسها فوق منضدة الشف بحيث تكون قوية الإنارة . نحسب بعد ذلك عدد المربعات الكبيرة ، ثم المربعات الصغيرة ؛ وحين يقطع الخط الخارجي للشكل مربعاً صغيراً فيجب أن ندخله في الحساب إذا كان أكثر من نصف مساحته واقعاً داخل الخط ، أما إذا نقصت مساحته عن النصف فلا يحسب . وبوسيلة الحلف والإضافة هذه يحدث هناك نوع من التوازن في عدد المربعات الكاملة التي تغطي مساحة الشكل . نعرف بعد ذلك مساحة المربع الكبير من مقياس رسم الخريطة ، فإذا كان $500,000/1$ مثلاً ، فمعنى هذا أن السنتيمتر يساوي ٥ كيلومتر . إذن مساحة المربع الكبير $5 \times 5 = 25$ كيلومتر مربع . فنضرب بعد ذلك عدد المربعات الكبيرة $25 \times$ لكي نحصل على مساحتها بالكيلومتر المربع . وبنفس الطريقة نحسب مساحة المربع الصغير (سيكون في هذه الحالة $2/1$)

كم ٢١٦ = ٤١ كبنوم . ربع ٤ نصيب هذه المساحة في عدد
المربعات الصغيرة . ونصف مساحتها و مساحة المربعات الكبيرة لكي نحصل
على مجموع مساحة الشكل

ويمكن أن نرسم بحر شبكة المربعات على الشكل المراد قياس مساحته .
وليكن طول ضلع المربع ٢٠١ سم مثلاً . ثم نحسب عدد المربعات الكاملة .
ونعد ذلك حسب عدد كل المربعات الناقصة مهما كان الجزء الداخل منها في
الشكل ضئيلاً . ثم نأخذ نصف عدد هذه المربعات الناقصة - على اعتبار أن
نصف هذا العدد يمثل مربعات كاملة - ونضيفه إلى عدد المربعات الكاملة ،
وبمساعدة مقياس رسم الخريطة نستطيع أن نعرف مساحة مجموع هذه المربعات .
وستكون بالطبع هي مساحة الشكل وقد اتبعنا هذه الطريقة الأخيرة في
(شكل ٣٣) .



(شكل ٣٣) إستخدام طريقة المربعات وطريقة الشرائح في إيجاد مساحة شكل
على خريطة بمقياس ١ / ١٠٠,٠٠٠ (في حالة هذا المثال) .

والواقع أن طريقة المربعات في قياس المساحات طريقة بطيئة ومتعبة وتحتاج إلى جهاد ودقة متناهية ، ومع ذلك فهي في النهاية ليست دقيقة تماماً في قياس المساحات .

٢ - طريقة الشرائح (شكل ٣٣) :

وهذه طريقة أسرع نسبياً ولكنها ليست على نفس درجة دقة الطريقة السابقة . وتتلخص هذه الطريقة في رسم عدة خطوط متوازية على الشكل المراد قياس مساحته ، بحيث تكون هذه الخطوط على مسافة ثابتة ، مثلاً $\frac{1}{2}$ سم ، ولكن كلما صغرت هذه المسافة كلما كان القياس أكثر دقة . بعد ذلك نرسم خطوط عمودية عند نهاية كل خط لكي تتحول الخطوط المتوازية إلى شرائح أو أشرطة طويلة - مع ملاحظة أن نرسم الخطوط العمودية كخطوط « حذف وإضافة » على حدود الشكل . نجمع بعد ذلك طول كل هذه الشرائح بالسنتيمتر ، ونحوها بمساعدة مقياس الرسم إلى كيلومترات طويلة ، ثم نضربها فيما يقابل عرض شريط واحد بالكيلومتر لكي نحصل على مساحة كل الأشرطة - وهي مساحة الشكل المطلوب معرفة مساحته . ففي (شكل ٣٣) مثلاً كان مجموع طول الشرائح $26,4$ سم ، ولما كان مقياس رسم الخريطة $\frac{1}{100,000}$ ، فمعنى هذا أن السنتيمتر = كيلومتر واحد ، وبذلك يصبح طول الشرائح كلها $26,4$ كيلومتر ، وبضرب هذا العدد في $\frac{1}{2}$ كيلومتر (وهو عرض الشريحة لأن نصف سنتيمتر في هذا المقياس = نصف كيلومتر) نحصل على مساحة كل الشرائح - أي مساحة الشكل نفسه .

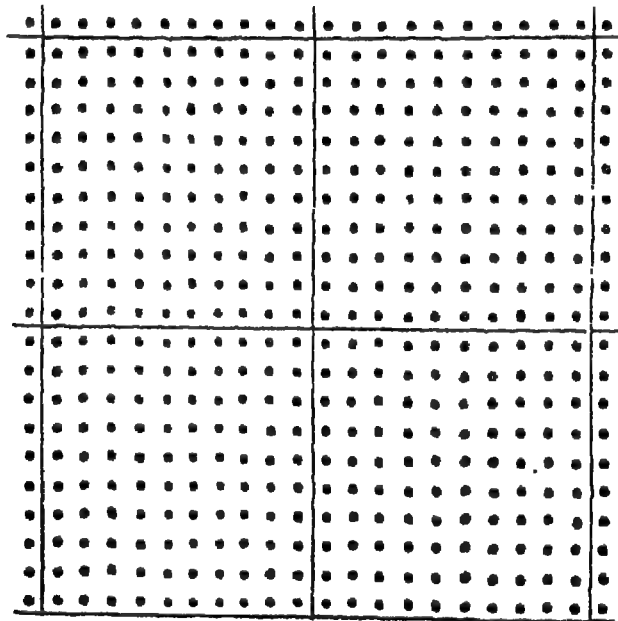
مثال آخر : كم تكون مساحة هذا الشكل لو كان مقياس رسم الخريطة $\frac{1}{200,000}$ ؟

في هذا المقياس سوف يمثل السنتيمتر ٥ كيلومتر (ونصف السنتيمتر وهو عرض الشريحة = $2,5$ كم) .

' طول مجموع الشرائح بالكيلومتر = $5 \times 26,4 = 132$ كم
 ' مساحة الشرائح = $200 \times 132 = 26400$ كيلومتر مربع .

٣ - شبكة النقاط : The Blakerage Grid

وهذه شبكة من النقاط التي تستخدم في قياس المساحات ، وقد ابتكرها « بليك R. Blake » في فترة السنوات الأخيرة . وتتكون هذه الشبكة من مربعات طول ضلع كل منها ٤ سم . وفي كل مربع ١٠٠ نقطة موزعة على مسافات متساوية (شكل ٣٤) . وتستخدم هذه الشبكة في قياس



(شكل ٣٤) جزء من شبكة النقاط التي ابتكرها « بليك » لقياس المساحات بالهكتار على خرائط بمقاييس معينة .

المساحات بالهكتار ^(١) على خرائط ذات مقاييس رسم معينة . فإذا طبقت هذه الشبكة على مقياس رسم ٢٥٠٠/١ . فسوف تساوي النقطة الواحدة ٠.٠١ من الهكتار (١٠٠ متر مربع) ، وإذا طبقت على مقياس ٢٥٠.٠٠٠/١ فسوف تساوي النقطة هكتارا واحداً ، وإذا طبقت على مقياس ٢٥٠.٠٠٠/١ فسوف تساوي النقطة ١٠٠ (مائة) هكتار . وحين نطبق الشبكة على أي من هذه المقاييس نحسب عدد النقط الواقعة داخل الشكل المراد قياسه ، ثم نضرب هذا العدد فيما تساويه النقطة حسب مقياس الرسم . وبذلك نحصل على مساحة الشكل بالهكتار - والذي يمكن تحويله إلى كيلومترات مربعة .

هذا بالنسبة للمقاييس الثلاثة المبينة . ولكن لنفرض أن لدينا خريطة بمقياس رسم مختلف عنها . وليكن ٥٠.٠٠٠/١ ، وفريد قياس مساحة معينة على هذه الخريطة . ففي هذه الحالة نفرض أن الخريطة التي أمامنا مرسومة بأحد المقاييس المبينة والتي ذكرناها من قبل . وليكن مقياس ٢٥٠.٠٠٠/١ ، ونجري القياس بشبكة النقط على أساس هذا المقياس المفروض (حيث النقطة = ١٠٠ هكتار) . ولنفرض أن نتيجة القياس كانت ٨٠٠ هكتار . حينئذ نحول هذه النتيجة إلى المساحة الحقيقية المطلوبة . وذلك بضرب هذه المساحة (٨٠٠ هكتار) في مربع النسبة بين المقاييسين ، كما يلي :

$$\begin{array}{r} 1 \\ \hline 250000 \\ \hline \end{array} \times 800 = \left(\frac{1}{250000} \right)^2 \times 800 =$$

(١) الهكتار = ١٠.٠٠٠ متر مربع ، وهو يساوي أيضاً حوالي ٢,٤٧ فدان . والكيلومتر المربع = ١٠٠ هكتار .

$$2 \left(\frac{5}{25} \right) \times 800 =$$

$$\frac{25}{625} \times 800 =$$

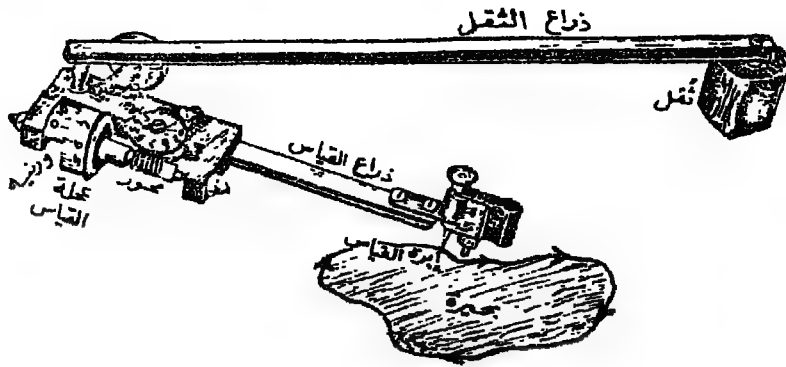
$$32 \text{ هكتارا} = \frac{1}{25} \times 800 =$$

وبذلك تكون هذه الـ 32 هكتار هي المساحة الحقيقية على الخريطة التي
أماننا بمقياس 1/50,000 .

٤ - البلاينيتر : Planimeter

تعتبر طرق القياس الآلي أدق وأسرع طرق قياس المساحات غير منتظمة الشكل . وأهم هذه الطرق الآلية هي طريقة القياس بالبلاينيتر . وهو عبارة عن جهاز صغير يستخدم في قياس أو حساب مساحة الأشكال غير المنتظمة على الخرائط . وهناك عدة أنواع من البلاينيتر - جهاز قياس المساحات - تتدرج من النوع البسيط إلى الأنواع الدقيقة المزودة بعجلات القياس والنوريات (١) (شكل ٣٥) . وليس من السهل أن نشرح هنا النظرية التي تعمل على أساسها هذه الآلات الدقيقة . ولكن نجد في علبة كل جهاز كتيباً صغيراً يشرح طريقة عمل هذا النوع من أجهزة البلاينيتر : وإذا تبنا بعناية التعليمات المكتوبة فسوف نستطيع بعد فترة قصيرة من التدريب أن نستخدم هذا الجهاز أو ذلك بكفاءة جيدة .

(١) الورنية عبارة عن مسطرة صغيرة إما مستقيمة أو دائرية الشكل، وتركب على حافة مقياس أكبر من مقياسها ولكنها من نفس النوع . وتستخدم الورنية لقياس الكسور الصغيرة التي لا يمكن قياسها بدقة عند إنشاء المقاييس العادية ، فهي مثلاً تقيس كسور المليمتر والأجزاء المئوية من البوصة .



(شكل ٣٥) جهاز البلاينيتر لقياس المساحات غير منتظمة الشكل .

وعلى العموم ، يتركب جهاز البلاينيتر من ذراعين : ذراع ينتهي بثقل ثابت من ناحية ، وبمخروط صغير من الناحية الأخرى - بحيث يمكن ادخال هذا المخروط في كوة بجسم الجهاز ويتحرك فيها حركة حرة . أما الذراع الثاني فهو ذراع القياس وينتهي في أحد طرفيه بإبرة صغيرة هي التي نحركها فوق إطار الشكل الذي نرغب في قياس مساحته (أي فوق الخط الخارجي المحدد للشكل) : أما الطرف الآخر من ذراع القياس فيتصل بجسم الجهاز بحيث يمكن تثبيته بواسطة مسامير التثبيت (بعض نماذج البلاينيتر لها ذراع قياس قابل للتغير والتبديل بحيث يسمح بالقياس المباشر بأي وحدة قياسية ، وبعضها الآخر ذات ذراع قياس ثابت ويعطي المساحة على الخريطة بالبوصة المربعة ، ثم تحول هذ حسب مقياس الرسم) .

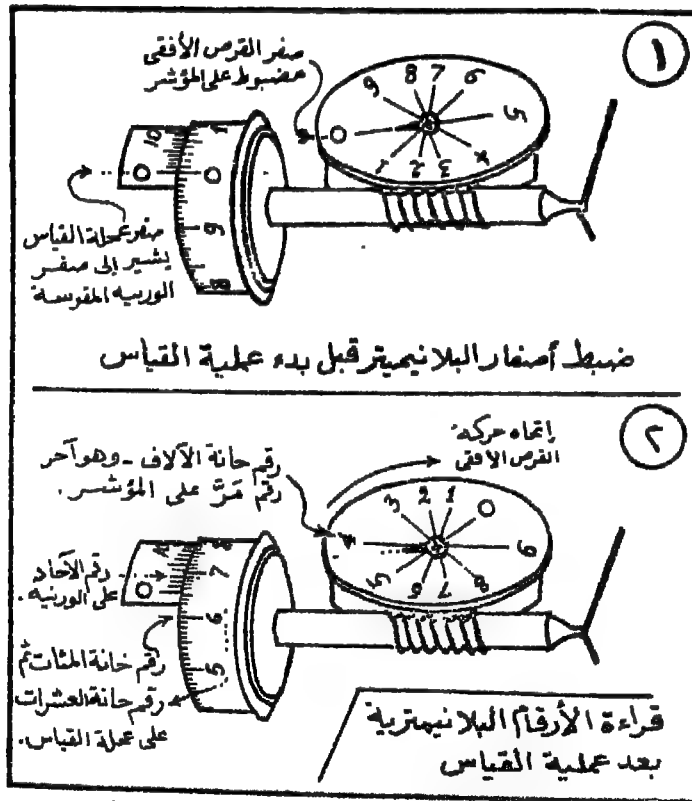
أما جسم الجهاز فيشتمل على عجلة رأسية مدرجة تسمى عجلة القياس (أنظر شكل ٣٥) تدور حول محور أفقي مواز للذراع القياس ، ويتصل هذا المحور بقرص أفقي dial مقسم إلى عشرة أقسام متساوية - أي أن حركة القرص مرتبطة بحركة العجلة الرأسية عن طريق هذا المحور . كما تنزلق عجلة القياس هذه على ورنية مقوسة لكي نقرأ عليها الأجزاء العشرية لكل قسم من أقسام عجلة القياس التي يبلغ عددها مائة قسم .

وعند استخدام الجهاز في القياس ، يجب مراعاة الخطوات التالية :

١ - تحديد طول ذراع القياس حسب مقياس رسم الخريطة ، وذلك بالاستعانة بالجدول الموجود بعلبة البلانيمتر .

٢ - تثبيت ذراع الثقل في الكوة الخاصة به في جسم الجهاز ، ثم تثبيت الثقل نفسه على الورقة ، بحيث يكون بعيداً عن إطار الشكل الذي نرغب في قياس مساحته .

٣ - قبل بدء عملية القياس ، يجب ضبط صفر عجلة القياس (الرأسية)



(شكل ٣٦) إعداد البلانيمتر لعملية القياس . ثم قراءة الأرقام البلانيمترية على عجلاته بعد القياس .

بحيث يشير إلى صفر الزمنية المقوسة (أي يكونا على خط واحد) ،
وكذلك ضبط صفر القرص الأفقي أمام المؤشر الصغير الموجود على هذا
القرص (شكل ٣٦) .

٤ - نعين على إطار الشكل النقطة التي ستبدأ منها حركة الإبرة ، ثم نبدأ
القياس بتحريك الإبرة فوق الخط الخارجي للشكل بحيث تكون الحركة في
اتجاه دوران عقرب الساعة - ومع هذه الحركة ستتحرك عجلة القياس
(الرأسية) إلى الأمام وإلى الخلف تبعاً لإتجاه الحركة على إطار الشكل .
كما سيتحرك القرص الأفقي تبعاً لحركة العجلة الرأسية .

٥ - بعد أن تتم عملية القياس ونصل إلى النقطة التي بدأنا منها ، نقرأ الأرقام
البلانيمترية التي سجلها كل من (أنظر الرسم الثاني من شكل ٣٦) :

أ - "قرص الأفقي" : ونقرأ عليه آخر رقم مرّ على المؤشر بعد صفر
المدية : وليكن هذا الرقم (٤) ، وهذا هو رقم خانة الآلاف في مجموع
القراءة البلانيمترية (يلاحظ أن كل رقم يمر على مؤشر الرسم الأفقي
يعني أن عجلة القياس قد دارت دورة واحدة وهكذا) .

ب - عجلة القياس . ونقرأ عليها رقمي الخانتين المئتين والمئات .
ونحسبهما من صفر الزمنية ، وليكونا مثلاً (٦٥) وكسر ضئيل (هذا
الكسر سنقرأه على الزمنية) .

ج - الزمنية ، ونقرأ عليها رقم خانة الآحاد . وليكن (٣) - وهذه
عبارة عن مقدار الكسر الضئيل الذي لم نستطع قراءته على عجلة القياس (١) .
وبذلك تكتمل القراءة الكلية للعدد البلانيمتري ، وهو (٤٦٥٣)

٦ = ولكي نحول هذا العدد البلانيمتري إلى أمتار مربعة . نعود إلى الجدول

(١) يقرأ رقم الاتحاد بعد صفر الزمنية ، عند خط التقسيم الذي يتفق في امتداده مع أي خط تقسيم
غشوي على عجلة القياس .

المرسوم نعرف المعامل الذي نضربه في هذا العدد البلازمي تري - حسب
مقياس رسم الخريطة - لكي نحصل على المساحة الحقيقية للشكل المقاس
بالأمتار المربعة . ولنفرض أن المعامل المناسب لمقياس الرسم كان (٣٠) ،
إذن مساحة الشكل هي :

$$٤٦٥٣ \times ٣٠ = ١٣٩٥٩٠ \text{ متراً مربعاً .}$$

طرق تصغير وتكبير الخرائط

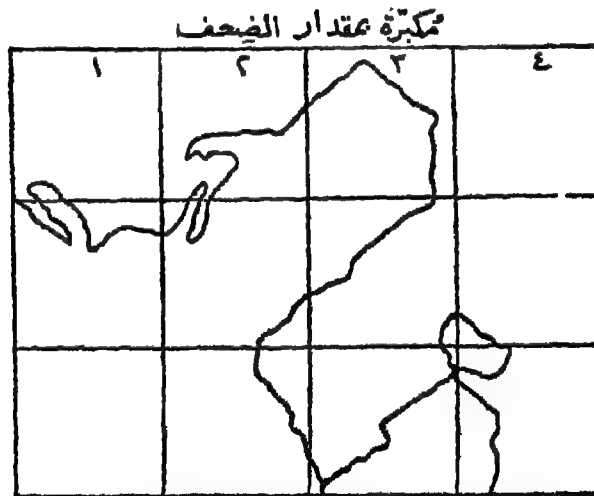
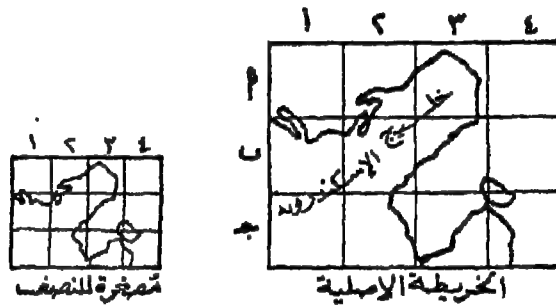
تتمثل أسرع وأدق طرق تصغير الخرائط أو تكبيرها (أي تغيير مقياس
رسمها) في طريقة التصوير الفوتوغرافي : فهناك آلات تصوير مزودة بعدسات
خاصة ، ويمكن تحريكها على مدادات طولها أكثر من ثلاثة أمتار . وبهذه
الوسيلة يمكن تصوير أي خرائط تبلغ أبعادها حتى ٦٠ × ٦٠ سم : ثم تطبع
بعد ذلك بأي مقياس أصغر . أما في حالة تكبير الخرائط ، فهناك مكبر (يسمح
بالتكبير حتى ٤٠ × ٥٠ سم) يمكنه تكبير الصور السلبية negatives للخرائط
التي تم تصويرها إلى مقياس أكبر مناسب .

ومن الواضح أنه رغم سرعة ودقة طريقة التصوير الفوتوغرافي إلا أنها
أكثر طرق تصغير وتكبير الخرائط تكلفة . ولا تزال أماننا في هذا الصدد
طرق أخرى ، بعضها تخطيطي وبعضها الآخر آلي . وتتلخص أهم هذه الطرق
فيما يلي :

١ - طريقة المربعات : The Method of Squares

وتعتبر من أشهر طرق الرسم التخطيطي لتصغير أو تكبير الخرائط .
وتتلخص هذه الطريقة في تغطية الخريطة الأصلية (المراد تغيير مقياس رسمها)
بشبكة من المربعات ، إما برسم خطوط خفيفة على الخريطة نفسها ، أو بشبكت
ورقة مربعات شفافة فوق الخريطة . ومن الطبيعي أنه كلما صغرت وحدة

المربعات على الخريطة الأصلية ، كلما كانت النتيجة أكثر دقة . نرسم بعد ذلك على ورقة رسم شبكة أخرى من المربعات : أكبر أو أصغر من مربعات الخريطة الأصلية حسب ما نريد . فكما يظهر من (شكل ٣٧) ، كان طول ضلع المربع على الخريطة الأصلية ١ سم ، وفي حالة تصغير هذه الخريطة إلى النصف ، جعلنا طول ضلع المربع على الخريطة المصغرة ٢/١ سم : أما في حالة تكبير الخريطة الأصلية إلى الضعف ، فقد جعلنا طول ضلع المربع على الخريطة المكبرة ٢ سم . فإذا أردنا التصغير للربع يجب أن يكون طول ضلع



(شكل ٣٧) تصغير الخريطة أو تكبيرها بطريقة المربعات .

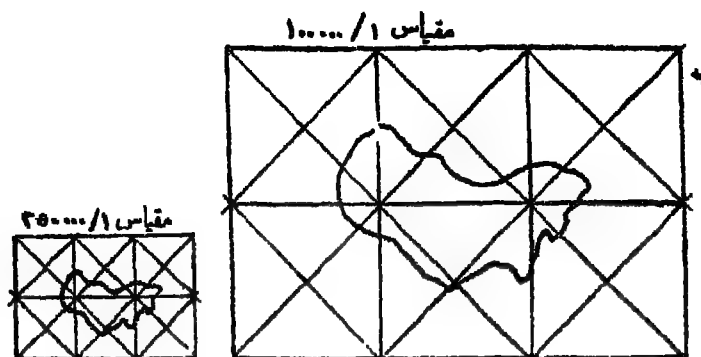
المربع $\frac{4}{1}$ سم ، وإذا أردنا التكبير ثلاث مرات فسوف يكون طول الضلع ٣ سم ، وهكذا .

وبعد أن يتم تخطيط الشبكة الجديدة نبدأ في نقل تفاصيل الخريطة الأصلية إلى الخريطة الجديدة بكل دقة وعناية . ولزيادة الدقة في الرسم يمكن أن نزود شبكة المربعات في الحالتين بشبكة أقطار فوقها - أي نرسم قطري كل مربع - كما في (شكل ٣٨) .

ويجب حين نستخدم هذه الطريقة أن نضع في الاعتبار حجم الرموز الاصطلاحية (تالرموز التي تدل على المستشفيات والجوامع والكنايس والمدارس والطرق والكباري في الخرائط الطبوغرافية) . وكقاعدة عامة عندما نكبر خريطة ، ألا نكبر عرض الطرق ومعظم الرموز الاصطلاحية (إلا إذا كان التكبير عظيماً جداً) ، ذلك لأن معظم هذه الرموز مبالغ في حجمها بالفعل على الخرائط - حتى الخرائط الطبوغرافية بمقياس $1/100,000$. وعلى العكس من ذلك في حالة التصغير ، يجب أن نعمم بعض التفاصيل ؛ بل وقد نلغيها أيضاً .

تغيير مقياس الكسر البياني بطريقة المربعات :

ما ذكرناه حتى الآن من حيث تصغير الخريطة إلى النصف أو تكبيرها إلى الضعف أمر هين ولمجرد التدريب فقط ، فالمسألة ليست بهذه السهولة دائماً . إذ كثيراً ما تكون لدينا خريطة بمقياس معلوم من نوع الكسر البياني ، ونريد تكبيرها أو تصغيرها إلى مقياس معين آخر . كما قد يحدث أن تكون لدينا خريطة بمقياس معين ونريد أن نضم إليها خريطة مكملتها ولكنها بمقياس رسم آخر ، فكيف نتصرف إذن للتوفيق بين الخريبتين وتوحيد مقياسهما ؟ في مثل هذه الأحوال يجب أن نجري بعض العمليات الحسابية البسيطة ، ويجب أن نستخدم مقاييس الرسم في صورة كسورها البيانية



(شكل ٣٨) إضافة شبكة أقطار المربعات إلى شبكة المربعات يساعد على دقة الرسم في تصغير الخرائط أو تكبيرها .

ولدينا مثال في (شكل ٣٨) . فهنا خريطة أصلية بمقياس ١/١٠٠,٠٠٠ .
 ونريد تصغيرها إلى مقياس ١/٢٥٠,٠٠٠ . فكيف سيكون طول ضلع مربع الخريطة المصغرة ؟ هذا سوف يعتمد على طول ضلع المربع في الخريطة الأصلية ، وهو ما نختاره نحن بحيث يكون مناسباً . في هذه الحالة نتبع الخطوات التالية :

طول ضلع المربع على خريطة مقياس $\frac{1}{100,000}$ = ٢٠ مم (لختيارنا نحن)

∴ طول ضلع المربع على خريطة مقياس $\frac{1}{250,000}$ = (س) مم

$$\therefore (س) = \frac{100,000 \times 20 \times 1}{1 \times 250,000} = ٨ \text{ مم}$$

وبذلك نرسم شبكة مربعات الخريطة الجديدة والمناسبة لمقياس ١/٢٥٠,٠٠٠ بحيث يكون طول ضلع مربع الشبكة ٨ مم ، وننقل تفاصيل الرسم كما ذكرنا .

مثال آخر : خريطة بمقياس رسم ١/١٢٥,٠٠٠ ، لها تمة في خريطة أخرى بمقياس ١/٨٠,٠٠٠ . والمطلوب ضم الخريطين ورسمها بطريقة المربعات بمقياس ١/١٠٠,٠٠٠ .

الحل : في هذه الحالة سيكون مقياس ١/١٠٠,٠٠٠ هو الأساس ونختار له نحن طول ضلع المربع في شبكته ؛ ونقول :

$$\text{إذا كان طول ضلع المربع في مقياس } \frac{1}{100,000} = 15 \text{ مم}$$

$$\therefore \text{طول ضلع المربع في مقياس } \frac{1}{125,000} = (س) \text{ مم}$$

$$\therefore (س) = \frac{100,000 \times 15 \times 1}{1 \times 125,000} = 12 \text{ مم}$$

ونستمر بنفس الاختيار بالنسبة للخريطة الثانية ، ونقول :

$$\text{إذا كان طول ضلع المربع في مقياس } \frac{1}{100,000} = 15 \text{ مم}$$

$$\therefore \text{طول ضلع المربع في مقياس } \frac{1}{80,000} = (س) \text{ مم}$$

$$\therefore (س) = \frac{100,000 \times 15 \times 1}{1 \times 80,000} = 18 \frac{4}{3} \text{ مم}$$

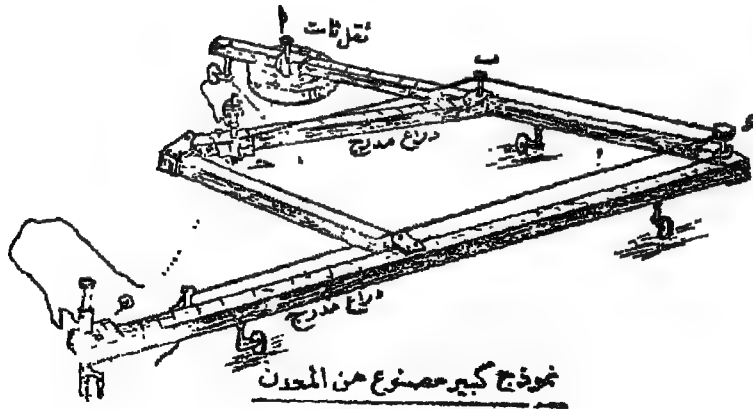
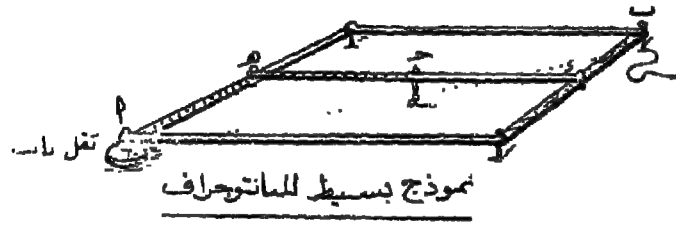
وهكذا نرسم شبكة مربعات على الخريطة الأولى (١ / ١٢٥,٠٠٠) طول ضلع المربع فيها ١٢ مم ، ونخطط إلى جوارها شبكة مربعات أخرى طول ضلع المربع فيها ١٥ مم ، وذلك لكي تكبر عليها هذه الخريطة الأولى إلى مقياس ١/١٠٠,٠٠٠ .

ونقوم بنفس العمل بالنسبة للخريطة الثانية (١ / ٨٠,٠٠٠) ، إذ نرسم عليها شبكة مربعات طول ضلع مربعها ١٨ ٤/٣ مم ، ونخطط إلى جوارها على ورقة أخرى شبكة مربعات جديدة طول ضلع المربع فيها ١٥ مم ، وذلك لكي تصغر عليها هذه الخريطة الثانية إلى مقياس ١/١٠٠,٠٠٠ .

وبعد أن تم عملية الرسم في الحالتين بالمقياس الجديد (١/١٠٠,٠٠٠) ،
نضم الخريطين الجديديين إلى بعضهما ، وسنجد - إذا كان الرسم دقيقا -
أنهما متوافقتان تماما .

٢ - جهاز البانتوجراف : Pantograph

ظل البانتوجراف حتى وقت قريب أكثر أنواع الأدوات الآلية استخداماً
في تصغير وتكبير الخرائط . والبانتوجراف ابتكار قديم . ويتكون أسط
أنواعه من أربعة أضلاع متساوية الطول ومصنوعة من الخشب عادة ، وهي
سهلة الحركة عند أطرافها ، ويتكون منها شكل متوازي الأضلاع ، يثبت في
أحد أركانها ثقل ثابت (١) (أنظر الرسم الأعلى من شكل ٣٩) . وفي الركن



(شكل ٣٩) جهاز البانتوجراف لتصغير الخرائط أو تكبيرها .

المقابل للثقل يثبت قلم رصاص (ب) . وفي منتصف الشكل يثبت ذراع (د ه) عليه ثقب أولها في منتصف الذراع ويثبت فيه قلم حديدي (ج) ، بحيث إذا وضعنا خريطة وتبعنا خطوطها بهذا القلم الحديدي . يرسم النجم الرصاص في الجانب الآخر نفس الخريطة مكبرة بمقدار الضعف . وإذا سكنت وضع القلمين (أي نضع القلم الرصاص في الوسط . والقلم الحديدي في الطرف المقابل للثقل) . فسوف يرسم القلم الرصاص في المنتصف نفس الخريطة مصغرة إلى النصف .

ويمكن تغيير وضع الذراع الأوسط حسب نسبة التكبير أو التصغير المطلوبة . ويترتب على هذا أيضا تبادل مكاني القلم الرصاص والقلم الحديدي . والمهم عند تحريك هذا الذراع وضبطه أن تكون نقطة الثقل ثابتة وتقيم الحديدي والقلم الرصاص كلها على خط مستقيم واحد . ويتضح من كل هذا أن فكرة البانتوجراف تقوم على الأشكال المتوالية الأضلاع .

ويعتبر النموذج الخشبي أبسط وأرخص أنواع البانتوجراف ويشت أنواع أخرى أكبر وأدق ومصنوعة من المعدن . ولذلك فهي غالية الثمن . ومن أمثلتها الجهاز المبين في الرسم الأسفل من (شكل ٣٩) . وهو مصنوع من المعدن على شكل مثلثين متوازيين . أحدهما صغير (ا ب ج) . والآخر كبير (ا د ه) . كما تزود مثل هذه الأنواع الكبيرة والثقيلة بمجالات لتقليل الاحتكاك الذي يحدث لمفاصل الجهاز عند تحريكه أثناء عملية الرسم . وقد درج الذراعان (د ه ، ب ج) بالنسبة لوضعي (ج ، ه) وهما قصعتان معدنيتان لتثبيت كل من القلمين ، كما أنهما ينزلقان على طول ذراعيهما حسب نسبة التصغير أو التكبير التي نريدها . وقد كُتب على الساقين المدرجين التيم المختلفة لهذه النسب . ويمكن الإستعانة بعد استعمال الجهاز بالكتيب الصغير الموجود في علبة والذي يحوي التعليمات الخاصة بطريقة استخدامه .

والبانتوجراف أداة مفيدة في تصغير أو تكبير الخرائط البسيطة والتي نريد

اتمامها بسرعة ، وهو مفيد بصفة خاصة في حالة التصغير . أما في حالة التكبير فينتطلب الأمر دقة متناهية من الكرتوجرافي ، لأن أي اختلال طفيف في حركة اليد سوف يظهر كبيراً ومبالغاً فيه . وعلى العموم ، ينبغي ألاً تكبر الخريطة بهذا الجهاز أكثر من أربع مرات ، تجنباً للمبالغة في اهتزازات البد غير المقصودة .

ولقد كان البانتوجراف ضمن أدوات الرسم المهمة في مرسوم الكرتوجرافي قبل التوصل إلى فكرة تصغير وتكبير الخرائط بالتصوير الفوتوغرافي . أما الآن فقد قل استخدام البانتوجراف كثيراً ، وبدلك فقد أهميته السابقة .

مراجع الفصل السادس

- Monkhouse, F.J. and Wilkinson (1971), Maps and Diagrams, - ١
3rd ed., London.
- Singh, R. and Kanaujia, L.R. (1963), Map-Work and Practical - ١
Geography. Central Book Depot : Allahabad.
- Speak, P. and Carter, A.H. (1964), Map Reading and Interpre- - ٢
tation, Longmans : London, 70 pp.

الفصل السابع

خرائط التضاريس

يعني مصطلح « التضاريس Relief » الشكل الحقيقي لسطح الأرض الناتج عن الاختلافات في الارتفاع والانحدار ويتمثل اهتمام الجغرافي بالتضاريس في ثلاثة عناصر رئيسية هي : الانحدار slope . والارتفاع height ، ثم الشكل shape — أي شكل سطح الأرض المتكون عن الارتفاعات والروايا .

ويعتبر تمثيل الظاهرات التضاريسية ، كالجبال والهضاب والجروف والوديان من أبرز المشكلات الرئيسية في الكرتوجرافيا . وتكمن الصعوبة الأساسية في أننا قد إعتقدنا أن نرى الجبال من أسفل ، ولم نألف رؤية مظهرها من أعلى فحينما ننظر من طائرة رأسياً إلى أسفل . لا نستطيع أن نتعرف حتى على الجبال المتوسطة الحجم ، ولعل الصورة الجوية المأخوذة رأسياً تثبت هذه الحقيقة .

ولقد كان تمثيل الجبال على الخرائط من التطورات الأخيرة التي شهدتها علم الكرتوجرافيا . فحتى منتصف القرن الثامن عشر الميلادي كانت الجبال تمثل على الخرائط برسم صفوف من التلال التصويرية التي تبدو كأقمع السكر أو القباب ، ونادراً ما كانت ترسم بالنسبة لإرتفاعاتها . فلم يكن الارتفاع الدقيق لهذه الجبال قد عرف بعد ، وإنما أُنِجحت المعلومات الدقيقة عن هذه الارتفاعات بعد تحسين جهاز التيودوليت ونظور عمليات المساحة . وكان التقدم

بطيئاً في اول الامر ؛ ففي بداية القرن التاسع عشر ، عدّ « همبولت » نحو ١٢٠ قمة فقط كان قد قيس ارتفاعاتها في العالم كله .

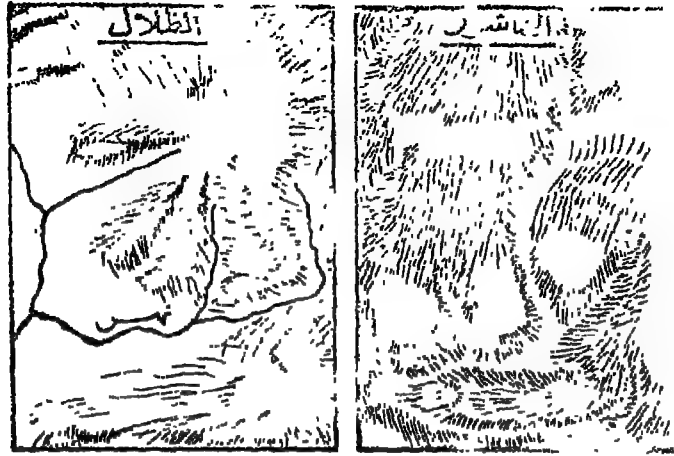
وهناك طرق كثيرة ومتنوعة لتمثيل سطح الأرض على الخريطة ، ولكنها على كل حال تختلف تبعاً لمقياس رسم الخريطة . فعلى الخرائط الصغيرة المقياس ، تُعَمَّم كل مظاهر التضاريس ؛ ورغم أن مواقع ومساحات هذه الظواهر ترسم صحيحة ، إلا أن صفاتها وخصائصها المميزة لا تظهر بشكل واضح . أما على الخرائط كبيرة المقياس (الطبوغرافية مثلاً) فتصبح كل هذه الأشياء مهمة ؛ فإلى جانب ظهور مواقع ومساحات الظواهر التضاريسية بشكل صحيح . تظهر خصائص هذه الظواهر أيضاً بشكل واضح وذلك عن طريق بيان الانحدارات السائدة . كذلك يظهر الارتفاع بشكل دقيق على الخرائط كبيرة المقياس .

ورغم تعدد وتنوع طرق تمثيل ظاهرات سطح الأرض ، إلا أن معظم هذه الطرق عبارة عن اشتقاق أو « تحريجات » من ثلاثة أساليب فنية أساسية هي :

١ - طريقة الهاشور : Hachuring

الهاشور عبارة عن خطوط صغيرة ترسم بخوارب بعضها البعض في إتجاه الانحدار (أي في إتجاه خطوط تصريف المياه) . وعادة ما يتناسب سُمك وكثافة خطوط الهاشور مع شدة الانحدار . وكان الكوتوجرافي «ليمان Lehmann» - والذي كان ضابطاً في جيش النمسا - قد طور في سنة ١٧٩٩ مقياساً دقيقاً لسمك خطوط الهاشور ويتناسب تماماً مع درجة الانحدار ، بحيث يظهر أي انحدار يزيد على ٤٥° أسوداً تماماً على الخريطة - أي تتلاصق الخطوط إذا زاد الانحدار على هذه الدرجة (شكل ٤٠) .

فقد أثبتت طريقة الهاشور فائدتها العملية في الخرائط الطبوغرافية العسكرية



شكل ٤٠) استخدام طريقة الهاشور وطريقة الظلال في تمثيل الظاهرات التضاريسية على الخرائط .

آنذاك ، واستمر استخدامها قرابة قرن من الزمان . ثم قل استخدام الهاشور في الخرائط نتيجة تطور طرق أخرى أكثر دقة ، وكذلك نتيجة أوجه النقص التي تكتفت في هذه الطريقة . فمن أهم عيوب طريقة الهاشور أن رسمها يتطلب درجة عالية من الرسم المتقن . وحتى إذا تم ذلك فكثيراً ما يغطي تظليلها الكثيف على كثير من تفاصيل الخريطة . كذلك لا تبين طريقة الهاشور الارتفاع المطلق حينما نريد التمييز بين ارتفاع نقطة وأخرى على سطح الأرض . كما أنها لا تفرق بين السطوح المستوية في المرتفعات والمنخفضات — إذ تظهر الأرض المستوية في الحالتين كمنطق بيضاء لا تتضمن أي تمييز . ولهذا نادراً ما تستخدم طريقة الهاشور بمفردها ، ولكنها تستخدم إلى جانب طرق التمثيل الأخرى . خصوصاً في المناطق الجبلية الوعرة . وتمثل أهم مميزات طريقة الهاشور في أنها تعكس انحدار سطح الأرض بشكل تجسيمي واضح . ولكنها لا تشبه طريقة خطوط الكنتوري دقتها ، فهي طريقة تصويرية فقط وتعطي الإحساس بمدى تعقد التضاريس — ولكن ليس على أساس مساحي دقيق كما في حالة الكنتور .

٢ - طريقة الظلال : Hill-shading

ويسمى الأمريكيون هذه الطريقة بالتظليل التشكيلي plastic shading . وتتخلص طريقة الظلال في افتراض وجود مصدر ضوئي قريب من سطح الأرض ويشع ضوءه من جهة الشمال الغربي عادة ، وبالتالي ستكون كل المنحدرات المواجهة للشرق والجنوب في الظل - أي بلون داكن (شكل ٤٠) . وقد تطورت هذه الطريقة الحديثة كبديل لطريقة الهاشور ، وذلك بسبب سهولة التعميم وطبع الخرائط المرسومة بهذه الطريقة الحديثة . وتبدو الخريطة المرسومة بطريقة الظلال كصورة للمنطقة التي تمثلها حينما تتعرض لمصدر ضوئي مائل (جانبى) . ولكن يعيب هذه الطريقة أن الظلال الداكنة في المناطق الجبلية قد تغطي على التفاصيل الأخرى بالمنطقة - تماماً كما في حالة استخدام طريقة الهاشور . وفي الوقت الحاضر نادراً ما تستخدم طريقة الظلال بمفردها وإنما قد تستخدم مقترنة بطرق أخرى أكثر أدقة مثل خطوط الكنتور .

٣ - طريقة خطوط الكنتور : Contouring

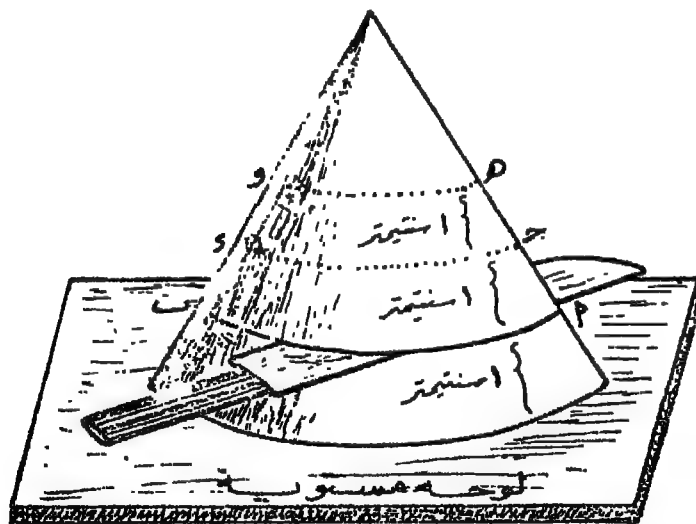
خط الكنتور هو الخط الذي يربط النقط المتساوية الارتفاع على سطح الأرض . وقد أمكن باستخدام طريقة الكنتور التغلب على معظم أوجه النقص في طرق تمثيل السطح القديمة . فمن حيث امكانية الدقة ، لا نجد هناك طريقة لتمثيل السطح يمكن أن تناظر خط الكنتور . وطريقة الكنتور لا تمكن الإنسان من أن يتصور شكل سطح الأرض بأبعاده الثلاثة فحسب ، وإنما يمكنه أيضاً من استنتاج العديد من البيانات والمعلومات المفيدة من شكل خطوط الكنتور وأتماطها ، مثل الإرتفاع ودرجة الانحدار والحافات القفرية والأخاديد والسهول المستوية وغيرها من مظاهر سطح الأرض . وكان الكرتوجرافيون قد توصلوا إلى أسلوب خط الكنتور في أواسط القرن الثامن عشر ، وظهر استخدامه أولاً في تمثيل خطوط الأعماق في الأنهار والبحار ، ثم في تمثيل سطح الأرض اليابس بعد ذلك - في حوالي سنة ١٧٤٩ .

ولما كان سطح الأرض وثيق الصلة بحياة الإنسان ، وكانت طريقة الكنتور هي أبرز وأعظم طرق تمثيل هذا السطح ، فقد كان من الضروري أن نخصص الجزء الأعظم من هذا الفصل للدراسة لهذه الطريقة والتعرف على خصائصها العامة .

طريقة الكنتور

مفهوم خط الكنتور :

يتنمي خط الكنتور إلى مجموعة الرموز الكرتوجرافية التي تعرف باسم « خطوط التساوي » isarithms or isolines ، وخط التساوي هو الخط الذي تتساوى على طولله نفس القيمة لظاهرة معينة على الخريطة : مثل خط الحرارة المتساوي ، وخط المطر المتساوي ، وخط الإرتفاع المتساوي (الكنتور) .. إلخ . فخط الكنتور إذن هو الاسم الشائع عالميا لخط التساوي الذي يربط كل النقط المتساوية الإرتفاع فوق مستوى مقارنة معين مثل مستوى سطح البحر .

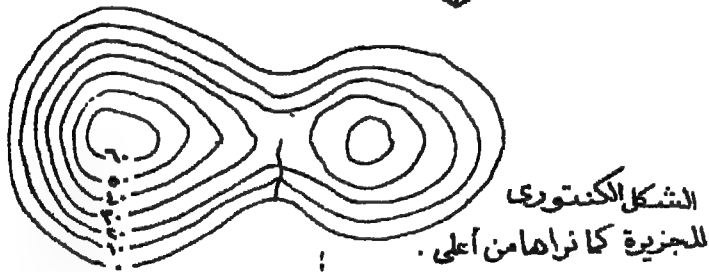
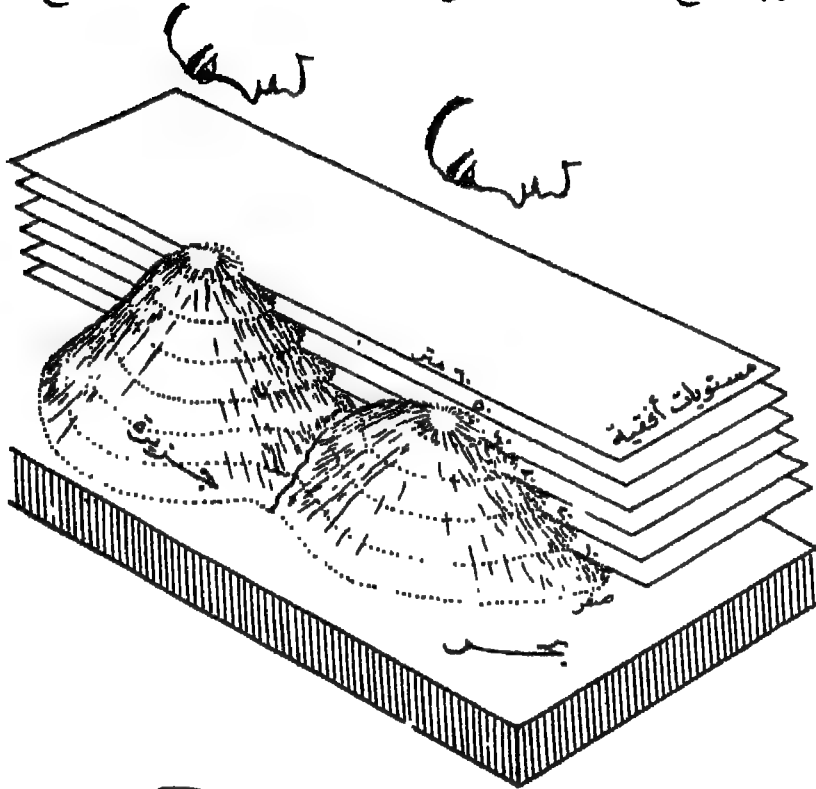


(شكل ٤١) رسم تخطيطي لتوضيح فكرة خطوط الكنتور

ولتوضيح فكرة خطوط الكتور ، نفرض أن لدينا قطعة من الطين اللين على شكل هرم مستدير أو مخروط (شكل ٤١) موضوع على لوحة مستوية . ونريد أن نقطع هذا الهرم على مسافات متساوية وموازية لسطح اللوحة المستوي ، ولتكن هذه المسافات على بُعد متتيمتر مثلاً . نأتي بعد ذلك بسكين ونقطع بها الهرم عند مستوى هذه المسافات المتساوية - كما في شكل ٤١ . ماذا نلاحظ ؟ سوف نلاحظ أن قطع السكين قد صنع خطاً دائرياً يحيط بسطح الهرم ، بحيث يمر الخط الأول منها (ا ب) بكل النقط التي تبعد عن مستوى سطح اللوحة بمقدار متتيمتر واحد ؛ كذلك نلاحظ أن الخط الذي يليه (ج د) يمر بكل النقط التي تبعد عن مستوى سطح اللوحة بمقدار ٢ سنتيمتر ؛ والخط الثالث يمر بكل النقط الواقعة على سطح الهرم الخارجي والتي تبعد عن مستوى سطح اللوحة بمقدار ٣ سم .. وهكذا إلى أن تصل إلى قرب قمة الهرم . مثل هذه الخطوط هي ما نسميها خطوط الكتور ؛ فخط الكتور الأول هو خط كتور ١ سم ، والثاني خط كتور ٢ سم ، والثالث خط كتور ٣ سم ، وهكذا . فإذا أردنا أن ننقل هذه الخطوط الكتورية من الشكل الهرمي المجسم إلى سطح الورقة المستوي - وهي ورقة الخريطة - ننظر عمودياً من أعلى قمة الهرم ، وسوف نرى أن هذه الخطوط الدائرية تبدو لنا كدوائر متداخلة في بعضها البعض . وكلها على مستوى واحد . ونحن نرسم هذه الدوائر المتداخلة على سطح ورقة الخريطة ، تظهر أمامنا الخريطة الكتورية لهذا الهرم ، ونقول في هذه الحالة أننا « أسقطنا الخطوط الكتورية للشكل المجسم (ذي الأبعاد الثلاثة) على سطح الخريطة المستوي (ذي البعدين فقط) » .

نفس الشيء نتخيله في الطبيعة . فشكل ٤٢ يوضح جزيرة تتكون من تلين (أي يمثلان هرمين كما في المثال السابق) يحيط بهما البحر - الذي يمثل مستواه مستوى اللوحة في المثال السابق . وسطح البحر يمثل منسوباً معيناً نسميه عادة مستوى المقارنة datum ، ونقيس منه الإرتفاعات التي تقع فوقه ، كما نقيس منه أيضاً الأعماق التي تقع تحت مستواه . فإذا اعتبرنا مستوى سطح البحر يمثل

صفرًا ، وتصورنا عدة مستويات أفقية موازية له (كما لو كانت مجموعة من السكاكين كما في المثال السابق) تقطع سطح الجزيرة على أبعاد متساوية من منسوب سطح البحر ، مقدار كل منها ١٠ متر مثلاً ، فسوف تقطع هذه



(شكل ٤٢) رسم تخيالي لمستويات أفقية تقطع سطح جزيرة على مسافات منتظمة ، ثم الشكل الكنتوري لسطح الجزيرة :

المستويات سطح الجزيرة على ارتفاع كل عشرة أمتار من سطح البحر . وقد مثلنا خطوط التقاطع هذه بخطوط من النقط تحيط بسطح الجزيرة لمجرد التوضيح . وإذا نظرنا من أعلى الجزيرة ونصورنا إسقاط هذه الخطوط النقطية على سطح ورقة الخريطة . فسوف يظهر أمامنا الشكل الكتوري لهذه الجزيرة — وهو الشكل المبين في أسفل شكل ٤٢ .

خط الكنتور إذن هو خط وهمي ، يمر بالإرتفاعات المتساوية فوق مستوى معين ، هو عادة مستوى سطح البحر .

رسم خطوط الكنتور على الخرائط :

يتم رسم خطوط الكنتور على الخرائط بإحدى الطريقتين التاليتين : (١) توقيع خطوط الكنتور من الصور الجوية بواسطة أجهزة التجسيم الدقيقة stereo-plotters وهذه طريقة حديثة وسريعة وقد أشرنا إليها في الفصل الثاني . ولا يتضمن ميدان هذا الكتاب دراسة هذه الطريقة المعقدة . (٢) أما الطريقة الأخرى فهي الطريقة التقليدية في رسم خطوط الكنتور في الحقل، نفسه بمساعدة رصد مجموعة متناثرة من نقط المناسيب spot heights نتيجة عمليات المساحة الأرضية . وهذه هي الطريقة التي تمهنا في مجال دراستنا الحالية .

ففي عملية المساحة الأرضية . يستخدم المساح الأجهزة المساحية الدقيقة الخاصة بتعيين نقط الإرتفاع على سطح الأرض . مثل جهاز التيودوليت . وحين يرصد مجموعة من هذه النقط — نقط المناسيب — ويعين ارتفاعها فوق مسوب سطح البحر . يمكنه بعد ذلك أن يوصل النقط المتساوية الإرتفاع بخطوط الإرتفاعات المتساوية . وهي التي سميها خطوط الكنتور Contours .

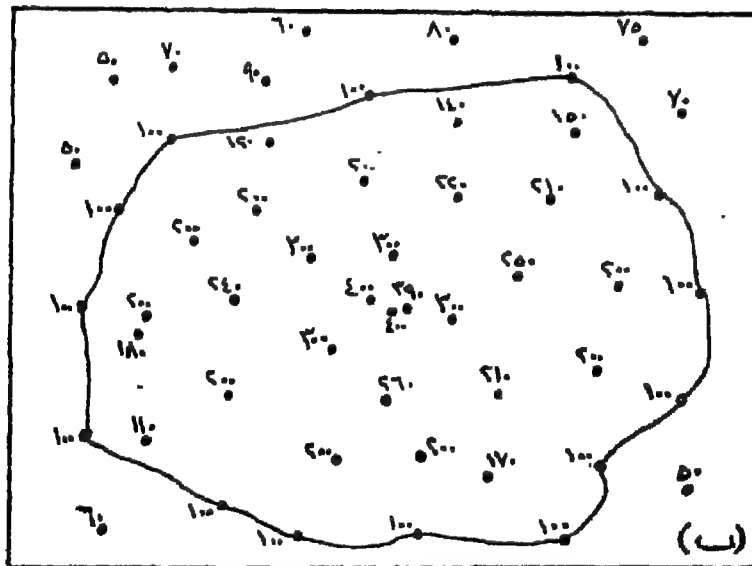
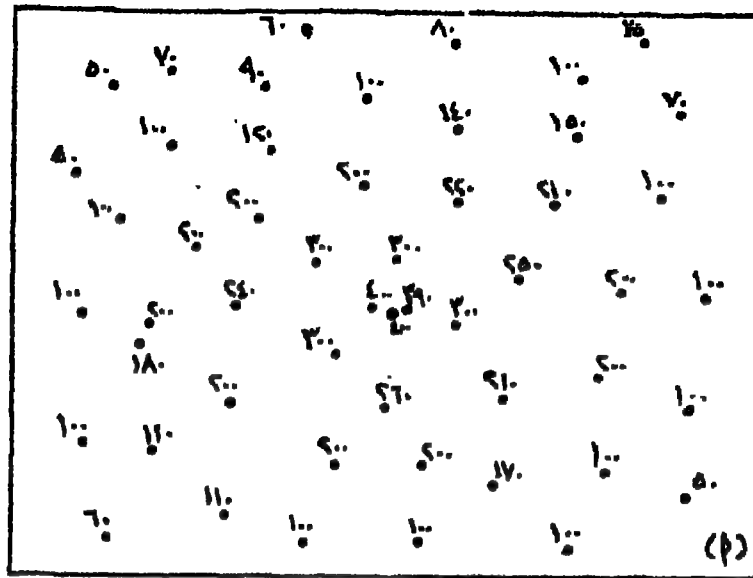
ويوضح شكلا ٤٣ . ٤٤ رسم خطوط الكنتور بهذه الطريقة . ففي الرسم الأعلى (١) من شكل ٤٣ ، وقع المساح مجموعة من نقط المناسيب في منطقة معينة من سطح الأرض . ثم درس مناسيب هذه النقط ووجد أن معظمها يصل

ارتفاعه إلى ١٠٠ متر أو أكثر . فبدأ أولاً بتحديد خط كنتور ١٠٠ متر . وذلك بأن وصلَ النقط التي تصل إلى هذا المنسوب بخط كنتوري (انظر الرسم ب من شكل ٤٣) . ثم تابع توصيل خطوط الكنتور الأخرى بفارق ١٠٠ متر - أي تابع رسم خطوط كنتور ٢٠٠ متر ، و ٣٠٠ متر ، و ٤٠٠ متر (ج من شكل ٤٤) . وبعد ذلك نقل هذه الخطوط إلى ورقة أخرى ، تمثل الخريطة الكنتورية النهائية لهذه المنطقة المسوحة (انظر الرسم د من شكل ٤٤) - التي ظهرت على شكل تل يرتفع فوق سطح البحر بين ١٠٠ و ٤٠٠ متر تقريباً

إدراج أو حشو خطوط الكنتور :

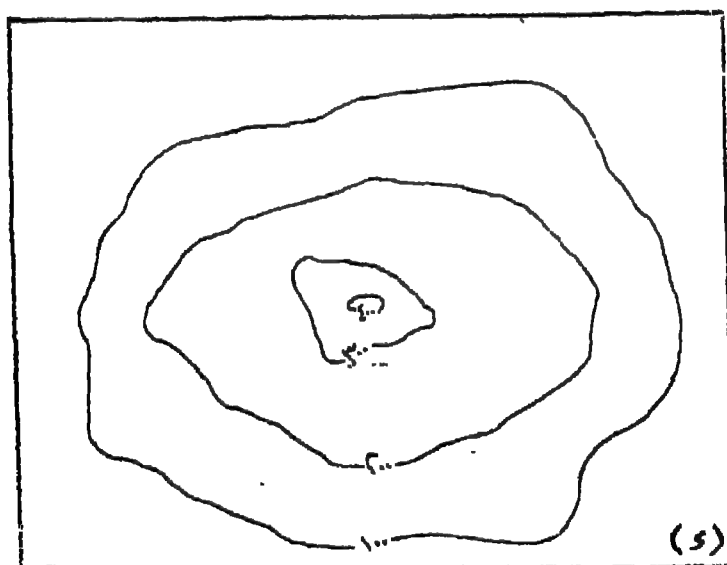
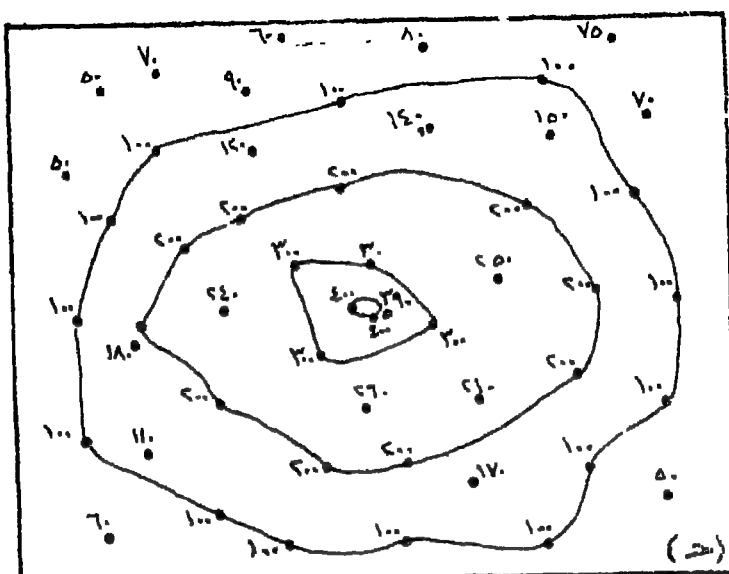
تؤلف نقط المناسب التي نوقعها على سطح الأرض . السلسلة أو العينة التي نرسم على أساسها خطوط الكنتور لبيان أشكال ظاهرات سطح الأرض - مس تلال وحروف وهضاب ووديان . ولكننا كثيراً ما نحتاج إلى معرفة عدد كبير من نقط الارتفاع التي تتوسط نقط المناسب التي تم رصدها بالفعل . وذلك لكي نمرر بهذه النقط « المتوسطة » خط كنتور معين نريد إظهاره على الخريطة . وتسمى عملية تقدير قيمة النقط المتوسطة بين نقط الناحية باسم « حشو أو الإدراج interpolation » . وبالتالي تسمى عملية رسم خطوط الكنتور - أو أي خطوط نسوي أخرى - بعملية حشو أو إدخال الخطوط .

وتعتمد عملية تقدير قيمة النقطة المتوسطة على المسافة الخطية بين نقطتين من نقط المناسب . ويوضح (شكل ٤٥) هذه المسألة ففي هذا الشكل ثلاث من نقط المناسب (أ ، ب ، ج) ، إرتفاعها على التوالي ٤٤ ، ٥٦ ، ٥٩ متراً ، ونريد أن ندخل بين هذه النقط خطوط كنتورية بفارق ثابت (كل خمسة أمتار مثلاً) . وبالتالي ستكون الخطوط المرغوب رسمها هي ٤٥ ، ٥٠ ، ٥٥ متراً . فلكي ندرج خط الكنتور ٥٠ متراً مثلاً بين نقطتي المنسوب ٤٤ ، ٥٦ . نتصور خطاً مستقيماً بين هاتين النقطتين ، ونقسم هذا المستقيم إلى أقسام متساوية حسب الفرق بين هاتين النقطتين - ففي حالة النقطتين ٤٤ ، ٥٦ . سوف نقسم



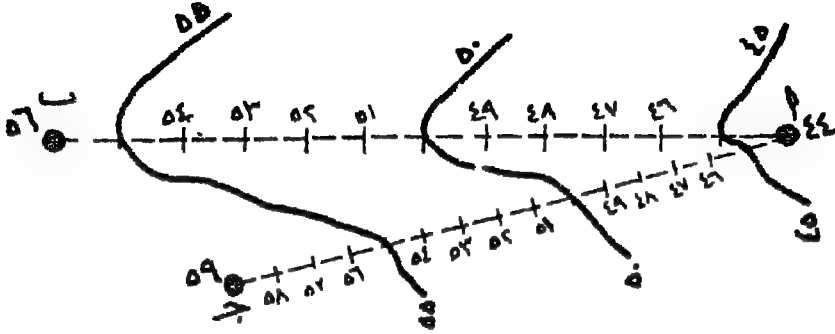
(شكل ٤٣) (أ) عدد من نقط المناسيب حدد ارتفاع كل منها بالمتر عن طريق المساحة الأرضية.

(ب) إستنتاج خط كتور ١٠٠ متر . ويلاحظ من رسمه أن جميع النقط الواقعة خارجة يقل ارتفاعها عن ١٠٠ متر .



(شكل ٤٤)

- (ج) إستنتاج ورسم بقية خطوط الكنتور : ٢٠٠ ، ٣٠٠ ، ٤٠٠ م ;
 (د) الصورة النهائية للخريطة الكنتورية الخاصة بهذه المنطقة .



(شكل ٤٥) طريقة رسم خطوط الكنتور بين نقط مناسب مختلفة :
(نقط أ ، ب ، ج) .

الخط بينهما إلى ١٢ قسماً متساوياً (وهو الفرق بين النقطتين) ، ونحدد على هذا الخط موقع القيم المتوسطة وهي خطوط كنتور ٤٥ ، ٥٠ ، ٥٥ التي نريد إدخالها بين نقطتي المنسوب الأصليتين . ونتابع نفس العملية بين نقط المناسيب الأخرى ، إذ سنقسم الخط الممتد بين نقطتي ٤٤ ، ٥٩ إلى ١٥ قسماً متساوياً ، ونمرر بينهما نفس خطوط الكنتور التي نريد رسمها ، وهكذا .

وفي كثير من الحالات التي لا تتوفر فيها بيانات مناسبة عن الارتفاع — أي يقل فيها عدد نقط المناسيب التي تُرصد في الحقل نفسه — نرسم خطوط الكنتور على هدى تحديد القيم المتوسطة التي أشرنا تواتراً إلى طريقة تعيينها ، وفي هذه الحالة تسمى مثل هذه الخطوط المتوسطة: خطوط الهيئة (أو خطوط الشكل) form lines ونخط الهيئة هو في الواقع خط كنتور ولكنه يرسم تقديرياً وليس نتيجة المسح الدقيق في الحقل ، ومن ثم لا ينبغي أن نقرأ منه الارتفاع الدقيق ، فوظيفة خط الهيئة هي مجرد المساعدة في تحديد الأشكال الأرضية كالهضاب والتلال .

الفواصل الرأسية بين خطوط الكنتور :

الفواصل الرأسية — ويسمى أيضاً الفواصل الكنتورية contour interval — عبارة

عن الفرق في الارتفاع الرأسي بين كل خط كنتور وآخر . ويعتمد اختيار الفاصل الرأسي على مجموعة من العوامل . أهمها مقياس رسم الخريطة وكية التضاريس ودقة عملية المساحة . فكلما كبر مقياس رسم الخريطة ، أمكن رسم عدد أكبر من خطوط الكنتور ، وبالتالي يكون الفاصل الرأسي صغيراً ويصبح رسم التضاريس في الخريطة الكنتورية أكثر دقة وتفصيلاً . وفي الخرائط الكنتورية - أو الخرائط الطبوغرافية - الكبيرة المقياس ينبغي أن يكون الفاصل الرأسي منتظماً بقدر الإمكان ، حتى ولو أصبحت الخطوط مزدحمة في مناطق الجبال . ذلك لأن هذا الازدحام سيوضح بشكل دقيق شدة انحدار الأرض من الناحية المرئية - كما يبدو في طريقة الهاشور . أما في الخرائط الكنتورية صغيرة المقياس فيمكن استخدام فاصل رأسي متغير ، كما في خريطة العالم الملبونة ، حيث نجد الفاصل الرأسي في المناطق المنخفضة صغيراً نسبياً ومنتظماً (١٠٠ - ٢٠٠ - ٣٠٠ - ٤٠٠ - ٥٠٠) ، ثم يكبر هذا الفاصل في المناطق المرتفعة ، إذ يصبح كما يلي : ٧٠٠ - ١٠٠٠ - ١٥٠٠ - ٢٠٠٠ - ٢٥٠٠ - ٣٠٠٠ - ٣٥٠٠ - ٤٠٠٠ متر .

طرق الاستفادة من طريقة الكنتور :

من أهم مزايا طريقة الكنتور أنها تسمح باشتقاق الكثير من المعلومات والبيانات الخاصة بشكل ودرجة إنحدار سطح الأرض ، وكذلك بشكل سطح الأرض نفسه ، وذلك من أنماط رسوم خطوط الكنتور من حيث تقاربها أو تباعدها على الخريطة . كما يمكننا بمساعدة الخريطة الكنتورية أن نرسم القطاعات البسيطة والمعقدة ، التي يمكن أن تكشف لنا بسهولة عن شكل الإنحدار ويسان الأجزاء المهمة لهذا الإنحدار والتي قد تكون خافية عن أعيننا حينما ننظر إلى الخريطة الكنتورية وحدها . وفيما يلي سوف ندرس بعض هذه المظاهر ، التي يمكن أن نستفيد بها من أي خرائط كنتورية أو طبوغرافية .

الإنحدارات ومعدل الإنحدار

أهمية الإنحدار :

تلعب الإنحدارات دوراً حيوياً في حياة أي منطقة من مناطق سطح الأرض فهي التي تحدد شكل أنماط التصريف (في الأمهار والمجاري المائية عامة) ، وهي المسؤولة عن جرف التربة أو نقلها ، وبالتالي فهي تؤثر تأثيراً واضحاً في الحياة النباتية والحيوانية لمناطق الأرض المختلفة . كذلك تتأثر حياة الإنسان بالإنحدارات بشكل عظيم ، ويظهر ذلك في أمثلة عديدة . فمثلاً ، تعكس أنماط استخدام الأرض land-use patterns التأثير الحتمي للإنحدار ؛ كذلك تتحكم الإنحدارات في شكل قنوات الري وإمتداداتها . ثم إن أنماط العمران مديية في نشأتها ووجودها إلى درجة الإنحدار . بل إن لانحدارات هي التي توجه طرق النقل والمواصلات إلى حد كبير . من الطبيعي إذن أن يكون لتحليل الانحدار وتمثيله الكرتوجرافي كل هذه الأهمية العظيمة .

أنواع الانحدارات :

حينما ندرس التضاريس ، نستطيع أن نعرف من خطوط الكنتور الكثير من مظاهر الانحدار ، مثل درجة الانحدار (أو معدل الانحدار) . ثم تغير الانحدار . وعندما ننظر إلى خريطة كتشورية دقيقة ، نلاحظ أن أول انطباعاتنا هي عبارة ما يتصل بمسألة المسافة (تباعد) بين خطوط الكنتور على الخريطة . فإذا كانت هذه الخطوط متقاربة من بعضهما البعض حتى تبدو كالحزمة ، فسوف يستوقف هذا النمط النظر مباشرة ، كذلك إذا كانت هناك مسافات كبيرة خالية من الكنتور فسوف يكون هذا النمط ملحوظاً أيضاً . فخطوط الكنتور المتقاربة كالحزمة تمثل الانحدارات الشديدة بمعنى أن ارتفاع الأرض يتغير — بسرعة فوق مسافة قصيرة من الأرض . أما قلة خطوط الكنتور أو إنعدامها فتدل على إستواء وإنبساط سطح الأرض . أما الانحدات المتوسطة التدرج .

والتي تمثلها خطوط الكنتور المتباعدة عن بعضها بمسافات متوسطة ، فهي أقل الأنماط الملفتة للنظر ، وعادة ما تكون آخر ما نلاحظها عين القارئ على الخريطة .

ويوضح التغير في المسافة الأفقية بين خطوط الكنتور ، تغيراً في الانحدار نفسه . ومن هنا يمكن أن نتعرف على أربعة أنواع من الانحدارات :

١ - إنحدار منتظم uniform (متسق أو متماثل) .

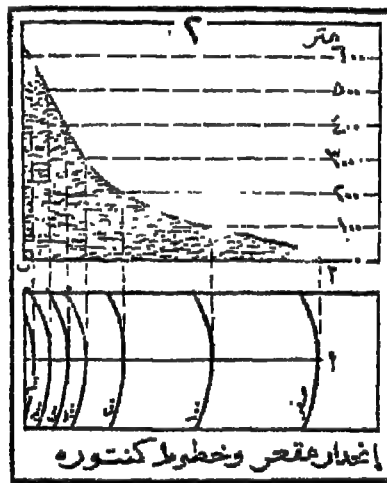
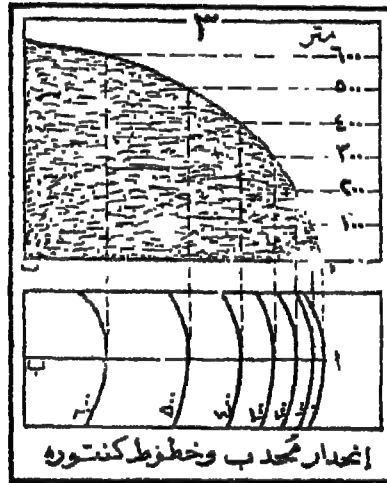
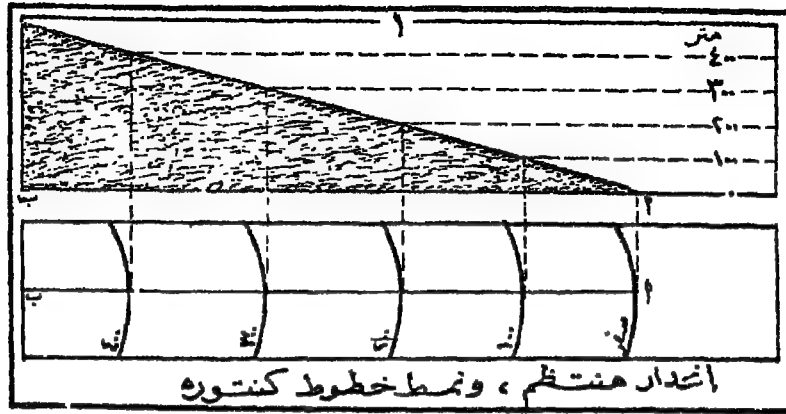
٢ - إنحدار مقعر concave

٣ - إنحدار محدب convex

٤ - إنحدار متموج undulating

ففي الإنحدار المنتظم ، تكون درجة الانحدار هي نفس الدرجة على طوله ، ومن ثم يظل الانحدار متسقاً ولا يتغير . وخطوط الكنتور التي تمثل هذا النمط من الإنحدار تظهر على مسافات متساوية على الخريطة ، إذ تظل المسافة بين هذه الخطوط هي نفس المسافة تقريباً على طول الانحدار المنتظم - كما يتضح من الرسم الأول في شكل ٤٦ .

أما الإنحدار المقعر ، فيتميز بانحداره الشديد في أجزائه العليا ، وانحداره البسيط نسبياً في أجزائه السفلى . وبالتالي تكون خطوط الكنتور التي تمثل هذا النمط من الانحدار متقاربة في أجزائه العليا (حيث الانحدار شديد) ، ثم تتباعد كلما اتجهنا نحو المنحدرات السفلى . ويمكن التعرف على الانحدار المقعر بسهولة على الخريطة لأن المسافة بين خطوط الكنتور تأخذ في الضيق كلما زادت قيمة أرقام خطوط الكنتور (أي بزيادة ارتفاع سطح الأرض) ، كما يتضح ذلك من الرسم الثاني في شكل ٤٦ . ونجد أمثلة واضحة للانحدارات المقعرة في شكل خطوط الكنتور التي تمثل الأودية الفسيحة ، وكذلك الأودية المعلقة hanging valleys التي توجد في مناطق الجليد والثلوج .



(شكل ٤٦) أشكال من إنحدار سطح الأرض ، ونمط خطوط كنتورها .

أما الإنحدار المحدب ، فعلى العكس من الانحدار المقعر . إذ تتباعد خطوط الكنتور التي تمثل الإنحدار المحدب في أجزائه العليا حيث يكون الانحدار بسيطاً ، بينما تتقارب هذه الخطوط كلما اتجهنا إلى الأجزاء السفلى حيث يكون الإنحدار شديداً نسبياً . وهذا يعني أن درجة الإنحدار تكون أعظم في المنحدرات السفلى من الإنحدار المحدب . ومن ثم يمكن التعرف بسهولة على نمط الانحدار المحدب

إذا تذكرنا أن المسافة بين خطوط الكنتور تزيد مع تزايد قيمة أرقام خطوط الكنتور (أي مع تزايد ارتفاع سطح الأرض) - كما يظهر من الرسم الثالث في شكل ٤٦ . ونجد أوضح أمثلة الانحدار المحدب في منحدرات التل القمائي - أي التل الذي يبدو على شكل « قبة dome » .

أما الانحدار المتعرج فتتعدد فيه جميع أنواع الانحدارات المختلفة التي أشرنا إليها ، وهو ظاهرة عامة وشائعة في الطبيعة التي لا نعرف بالقياس الموحد . ومن ثم تكون المسافات بين خطوط الكنتور في الانحدار المتعرج متغيرة وبيست على نمط ثابت أو مطرد .

وقد يحدث أحيانا : وبخاصة على طول الساحل في بعض المناطق الصخرية ، أن تكون الانحدارات هاوية لدرجة أنها تكون عمودية فعلا . وفي هذه الحالة نلاحظ أن خطوط الكنتور التي تمثل الارتفاع بين قمة الجرف القائم وحصبه . تتطابق وتتحد في خط واحد على الخريطة الكنتورية (أنظر نمط خطوط الكنتور الذي يمثل الجرف في شكل ٥٠) . وذاك أبصاراً الكثير من الانحدارات الشديدة ولكنها ليست عمودية تماما ، وهذه تمثلها حزمة من الخطوط المتقاربة جداً خد التلامس تقريبا ، وكثيراً ما نجد أمثلة واضحة هذه الانحدارات الشديدة في الجروف البحرية cliffs .

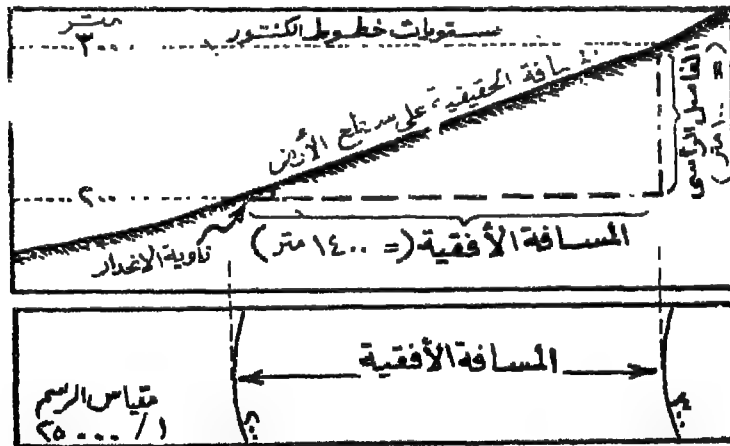
طرق التعبير عن الانحدار :

هناك عدة طرق للتعبير عن انحدار سطح الأرض رياضياً (حسابياً) . وذلك إما عن طريق معرفة معدل الانحدار gradient . أو معرفة زاوية الانحدار بالدرجات . أو إيجاد النسبة المئوية للانحدار . ولكن كل هذه الطرق هي أساساً عبارة عن أشكال مختلفة للنسبة بين الفاصل الرأسى vertical interval (أي الفاصل الكنتوري) والمسافة الأفقية horizontal equivalent . وقد سبق أن أشرنا إلى الفاصل الرأسى في الخريطة الكنتورية . أما المسافة الأفقية فهي عبارة عن المسافة بين أي خطين من خطوط الكنتور في المستوى الأفقي - أي على

سطح الخريطة - ونقيسها عادة بالسنتيمتر بواسطة المسطرة . والمسافة الأفقية على الخريطة نعتبرها بمثابة المسافة الحقيقية المحصورة بين خطين من الكنتور على سطح الأرض . ولكن يجب أن نلاحظ أن الأرض الحقيقية بين خطين من الكنتور متحدية ، ومن ثم فإن المسافة على الأرض أكبر قليلاً من المسافة الأفقية (التي تمثلها) على الخريطة . ويمكن ملاحظة ذلك من الرسم الأعلى في شكل ٤٧ حيث يتضح أن المسافة الحقيقية على سطح الأرض المحصور بين مستوى خطي كنتور ٢٠٠ ، ٣٠٠ متر أكبر قليلاً من « المسافة الأفقية » المقاسة بين هذين الخطين على الخريطة . وعموماً يمكن إهمال الخطأ النسبي بين هاتين المسافتين - إلا في حالة المنحدرات الشديدة حيث يكون الفرق بينهما كبيراً .

وفيما يلي أهم طرق التعبير عن انحدار سطح الأرض :

(١) معدل الانحدار : معدل الانحدار عبارة عن النسبة بين الفاصل الرأسى والمسافة الأفقية على الخريطة - مع ملاحظة توحيد وحدات القياس ، وطري كسر هذه النسبة ، واختزال قيمة الفاصل الرأسى (أي بسط الكسر) إلى واحد صحيح



(شكل ٤٧) معرفة معدل الانحدار من النسبة بين الفاصل الرأسى والمسافة الأفقية في الخريطة الكنتورية ، ومعدل الانحدار في هذه الخريطة هو ١٤/١

$$\text{معدل الانحدار} = \frac{\text{الفاصل الرأسى}}{\text{المسافة الأفقية}}$$

ونستطيع بسهولة أن نعرف قيمة الفاصل الرأسى في أي خريطة كنتورية . فهو عبارة عن الفرق في الارتفاع الرأسى بين قيمة كل خط كنتور وآخر . ففي شكل ٤٧ ، نلاحظ أن الفاصل الرأسى هو ١٠٠ متر (أي الفرق بين خطي كنتور ٢٠٠ متر و ٣٠٠ متر) . أما معرفة المسافة الأفقية فتحتاج لبعض العمليات الحسابية البسيطة . فإذا كانت لدينا خريطة كنتورية . مثل الخريطة الممثلة في الرسم الأسفل من شكل ٤٧ . ونريد إيجاد المسافة الأفقية بين خطي كنتور ٢٠٠ ، ٣٠٠ متر ، فنبدأ أولاً بقياس المسافة بين هذين الخطين (أو بين نقطتين واقعتين عليهما) بواسطة المسطرة ، وسنجد أن هذه المسافة تساوي ٥.٦ سنتيمتر . ننظر بعد ذلك إلى مقياس رسم الخريطة . وهو في هذه الحالة ١ / ٢٥.٠٠٠ - أي أن السنتيمتر على هذه الخريطة يمثل ٢٥٠ متر على الطبيعة . معنى هذا أن المسافة الأفقية بين خطي الكنتور المذكورين = ٢٥٠ × ٥.٦ = ١٤٠٠ متر .

$$\therefore \text{معدل الانحدار في هذه الخريطة} = \frac{\text{الفاصل الرأسى}}{\text{المسافة الأفقية}} = \frac{١٠٠}{١٤٠٠} = \frac{١}{١٤}$$

وهذا يعني أن هناك ارتفاعاً رأسياً بنسبة متر لكل ١٤ متر مقاسة أفقياً على الأرض في هذه المسافة .

(ب) درجة زاوية الانحدار : يمكن أيضاً التعبير عن انحدار سطح الأرض بقياس زاوية الانحدار ومعرفة قيمتها بالدرجات . وزاوية الانحدار (راجع الرسم الأعلى من شكل ٤٧) هي عبارة عن الزاوية المحصورة بين المستوى الأفقى وخط انحدار سطح الأرض الحقيقى . وهناك طريقتان لقياس هذه الزاوية ، والطريقة الأسهل هي أن نضرب كسر معدل الانحدار × ٦٠ : وسوف

يكون الناتج هو مقدار زاوية "الانحدار بالدرجات التقريبية" ^(١) . فمثلاً ، في المثال السابق كان معدل الانحدار ١ : ١٤ ، وبالتالي يكون مقدار زاوية الانحدار بالدرجات هو :

$$\frac{1}{14} \times 90 = 6.42^\circ \text{ تقريباً}$$

أما الطريقة الثانية فأكثر صعوبة ، ولو أنها أدق في حساب درجات زاوية الانحدار . وهي تتطلب من القارئ معرفة قراءة جدول الظلال في الجداول الرياضية ^(٢) .

(ج) النسبة المئوية للانحدار : إذا ضربنا معدل الانحدار $100 \times$ ، فسوف نحصل عن الانحدار في شكل نسبة مئوية . فمثلاً معدل الانحدار ١ : ١٤ مساوٍ للنسبة المئوية التالية :

$$\frac{1}{14} \times 100 = 7.14\% \text{ تقريباً}$$

وتعني هذه النسبة المئوية أن سطح الأرض يرتفع حوالي ٧ متر في كل ١٠٠ متر على المستوى الأفقي .

جدول الانحدارات القياسية :

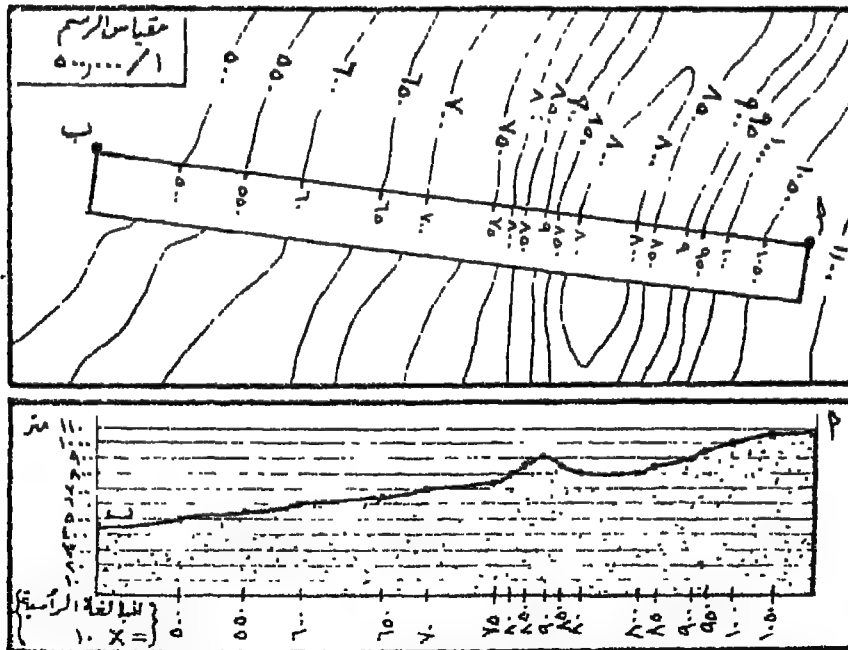
يوضح الجدول التالي درجات أهم الانحدارات التي تقابلها على سطح الأرض . وكذلك معدل هذه الانحدارات . ووصف طبيعتها ، ثم بعض الملاحظات عليها من حيث استخداماتها العامة :

-
- (١) هذه الـ ٦٠ عدد مقرب ، فالعدد الأكثر دقة هو ٥٧.٣ ، وهذا يمثل قيمة ظل التمام للدرجة في الطبيعة . وهذه مسائل تتصل بعلم حساب المثلثات .
- (٢) يمكن قياس زاوية الانحدار بالدرجات قياساً دقيقاً ، إذا حول كسر معدل الانحدار إلى كسر عشري ، ثم نقرأ ما يقابل هذا الكسر من درجات في جدول العكس في الجداول الرياضية .

زاوية الانحدار	معدل الانحدار	طبيعة الانحدار	ملاحظات عامة
أقل من ١°	٦٠ / ١	معتدل	مناسب للسكك الحديدية
١° إلى ٣°	٦٠ / ١ إلى ٢٠ / ١	متوسط	يسير راكبو الدراجات على أقدامهم
٣° إلى ٦°	٢٠ / ١ إلى ١٠ / ١	معوق للحركة	تتقدم العربات التي تجرها الخيول بأقل درجات السرعة .
٦° إلى ١٢°	١٠ / ١ إلى ٥ / ١	شديد الانحدار	انحدار صعب للسيارات ويضطر السائقون إلى تغيير ناقل الحركة .
١٢° إلى ٢٠°	٥ / ١ إلى ٣ / ١	شديد الانحدار جداً	تنزل الخيول بشكل مائل على الانحدارات التي تزيد على ١٥° ولا نستطيع عربات الخيول الصعود
٢٠° إلى ٣٠°	٣ / ١ إلى ٢ / ١	شديد الانحدار جداً	الحد الأقصى للسيارات
أكثر من ٣٠°	أكثر من ٢ / ١	انحدار مفاجئ	يستطيع الإنسان أن يصعد مستخدماً قدميه ويديه .

رسم القطاعات التضاريسية :

القطاع عبارة عن رسم تخطيطي للتضاريس على طول خط معين . والقطاع من أسهل الأشكال التي يمكن رسمها بالاستعانة بخطوط الكنتور . إذ يمكن توضيح شكل سطح الأرض بأنشاء قطاع رأسي على طول خط معين نرسمه على الخريطة الكنتورية بين أي ظاهرتين : مثلاً بين مدينتين أو بين نقطتي مسوب معروف ارتفاعهما ، أو أي نقطتين مثل نقطتي ١ . ب في شكل ٤٨ . وحين نريد رسم قطاع بين هاتين النقطتين . نبدأ أولاً بتحديد خط القطاع بينهما ، ثم نأخذ بقطعة ورق مستقيمة الحافة ونضع هذه الحافة على طول خط القطاع ونعلم عليها النقط التي يقطع فيها خط القطاع خطوط الكنتور الموجودة على مقياس هذه المسافة ثم نرقم هذه النقط بنفس ارتفاعات خطوط الكنتور (أنظر الرسم الأعلى في شكل ٤٨) . ننتقل بعد ذلك إلى ورقة مربعة . وندرس عليها خط



(شكل ٤٨) طريقة رسم القطاع التضاريسي من الخريطة الكنتورية .

قاعدة بنفس طول خط القطاع (اب) : وقيم من نهائي هذا الخط عمودين .
ثم نضع الخافة المستقيمة للورقة المربعة على طول خط القاعدة ونحدد عليه نفس
النقط وارتفاعاتها المكتتوية . نختار بعد ذلك مقياساً رأسياً للارتفاعات على
طول أحد الأعمدة المقامة . وبمساعدة شبكة خطوط ورقة المربعات . نحدد
ارتفاع كل نقصة على خط القاعدة حسب مكانها على المقياس الرأسي ، ثم نوصل
هذه النقط بخط سلس لكي يعطينا في النهاية شكل القطاع الذي يمكن تظليله
حتى يصبح واضحاً . كما يجب أن نكتب عنوان القطاع ، وكذلك مقدار المبالغة
الرأسية vertical exaggeration

ولكن ماذا نقصد بمصطلح « المبالغة الرأسية » ؟ حينما نريد رسم قطاع
تضاريسي لخريطة كتتورية . ننظر أولاً إلى مقياس رسم هذه الخريطة . فهو
مثلاً ١ / ٥٠٠,٠٠٠ في خريطة (شكل ٤٨) - أي أن السنتيمتر على هذه
الخريطة يمثل ٥٠٠ متر على الطبيعة . وهذا صحيح بالنسبة للمقياس الأفقي على
طول خط قاعدة القطاع . والمفروض أن يكون صحيحاً أيضاً بالنسبة للمقياس
الرأسي . ولكننا حين نحمل نستقيم على طول المقياس الرأسي يمثل ٥٠٠ متر .
فمبوف يكون تخرج خط القطاع التضاريسي صتيلاً وغير واضح . ولهذا عاده
ما ببالغ في المقياس الرأسي (أي تكبيره) في أي قطاع حتى يظهر تضرس السطح
بشكل واضح - وهذا ما يسمى بالمبالغة الرأسية . بدلاً من أن نجعل نستيمتر
في المقياس الرأسي = ٥٠٠ متر كما هو الواقع بالنسبة لمقياس الرسم . نجعله
مثلاً = ٥٠٠ متر . وبالتالي نكون قد بالغنا في المقياس الرأسي عشرة مرات حتى
نستطيع أن نرى تضرس السطح واضحاً ، كما ذكرنا . أما العرض من كتابة
مقدار المبالغة الرأسية على القطاع ، فهو تنبيه القارئ بأن المقياس الرأسي في هذا
القطاع مبالغ فيه بهذا القدر .

ويعتمد مقدار المبالغة الرأسية على مقياس رسم الخريطة وعلى نمط التضاريس
المراد توضيحها . فكلما كبر مقياس رسم الخريطة ، كلما قل احتياجنا للمبالغة
الرأسية ، وكذلك تقل هذه المبالغة عندما نرسم قطاعات للمناطق المرتفعة

والواضحة التضاريس . ولكن عندما يكون مقياس رسم الخريطة صغيراً ، أو يكون القطاع في مناطق منخفضة التضاريس . فلا بد في مثل هذه الأحوال من مبالغة رأسية كبيرة - خمس مرات أو عشرة مثلاً . وعلى العموم لا ينبغي أن تزيد المبالغة الرأسية في أي قطاع تضاريسي على عشرين مرة .

ولكن نحسب المبالغة الرأسية لقطاع نريد رسمه من الخريطة (شكل ٤٨) ، أو أي خريطة أخرى . نقول :

١ سم على الخريطة يمثل ٥٠٠٠ متر على الطبيعة .

وإذا فرضنا أن ١ سم على المقياس الرأسي للقطاع يمثل ٥٠٠ متر

$$\therefore \text{المبالغة الرأسية} = \frac{٥٠٠٠}{٥٠٠} = ١٠$$

إمكانية الرؤية بين نقطتين : Intervisibility

نضطر أحياناً إلى أن نعرف هل الرؤية ممكنة بين نقطتين معينتين على سطح الأرض . فقد نحتاج إلى تحديد هذه الرؤية في حالة الخروج في رحلات كشمية مثلاً . أو . حالة العمليات الحربية . ويمكن أن نحدد إمكانية الرؤية بين نقطتين من دراسة الخريطة الكنتورية نفسها ، ودون الحاجة إلى الذهاب إلى منطقة الدراسة ، وذلك بعدة طرق أبسطها ما يلي :

١ - نرسم قطاعاً تضاريسياً بين هاتين النقطتين ، ونرسم بينهما - بدلاً من مستقيماً - يسمى خط النظر . فإذا لم يعترض هذا الخط أي عائق (قمة تل مثلاً) ، فحينئذ تكون الرؤية متبادلة بين هاتين النقطتين . أو :

٢ - ندرس خطوط الكنتور بين هاتين النقطتين . وذلك لمعرفة شكل الانحدار . فإذا كان انحداراً متعراً كانت الرؤية متبادلة . أما إذا كانت النقطتان تقعان على انحدار محدب فلن تكون الرؤية متبادلة بينهما .

مثل هذه الطرق تفيدنا في الكشف عن الأرض «غير المرئية» dead ground وهي الأرض التي لا يمكن رؤيتها من نقطة معينة بسبب وجود أي عائق يحول دون هذه الرؤية .

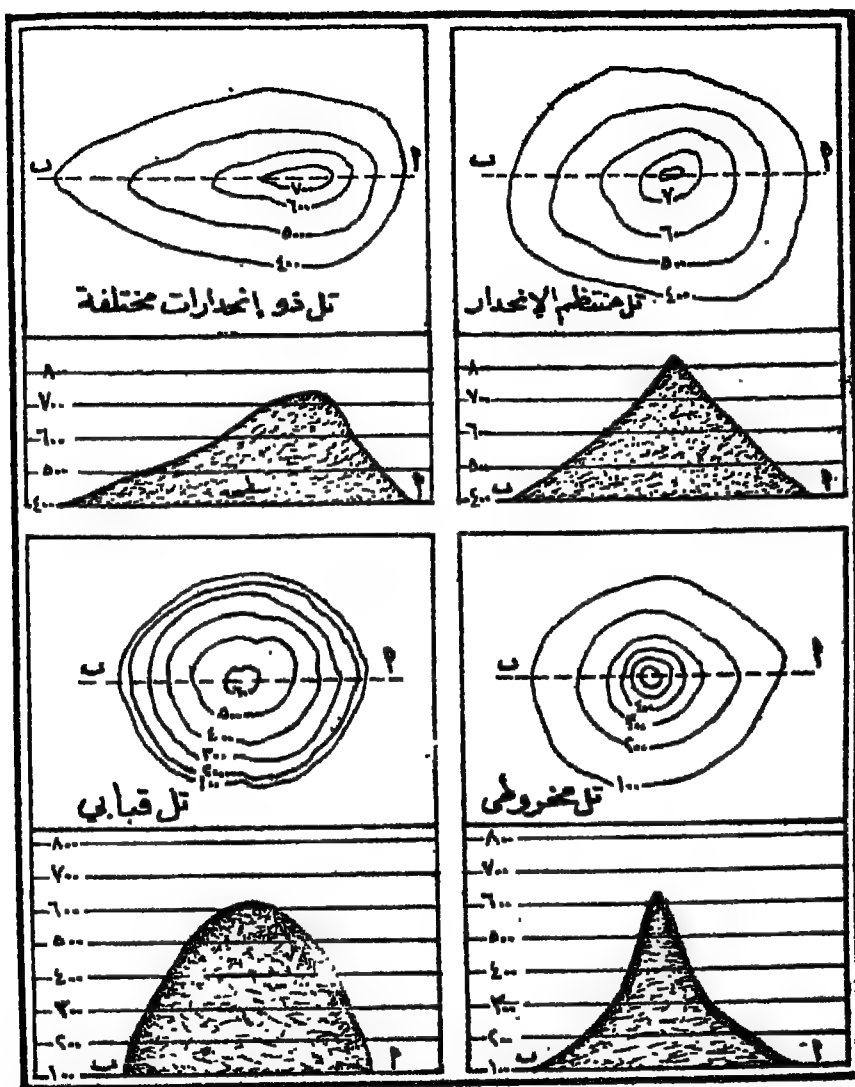
يجب أن نتذكر أن مثل هذه الطرق تستطيع أن تساعدنا في تحديد الرؤية المتبادلة على أرض خالية تماماً من الأشجار ، التي غالباً ما تشكل عقبات هائلة في مناطق الغابات ذات السطح المموج . وبالتالي ، فإن مسائل الرؤية المتبادلة بين نقاط معينة تفيدنا في اختبار قدرتنا على فهم الخريطة ، أكثر مما تفيدنا في تقرير إمكان الرؤية الحقيقية بين نقطتين .

التمثيل الكنتوري للظواهر التضاريسية

تتمثل ظواهر سطح الأرض في ثلاثة أشكال أساسية هي : التلال والوديان والسهول . والتلال تمثلها خطوط الكنتور المقفلة التي تطوق الأرض الآخذة في الارتفاع . وهناك أشكال تلالية بسيطة مثل التواء (أو الرأس النهري) Spur ، والجزء البحري Promontory ، وهذه تمثلها كتورات ناتئة أو بارزة من كتورات التلال ذات الشكل الدائري تقريباً . وسوف نتعرف فيما يلي على الشكل الكنتوري لأهم الظواهر التضاريسية .

التل Hill : التل ظاهرة تضاريسية ، ويقل ارتفاع قمته عادة عن ٩١٥ متر (٣٠٠٠ قدم) فوق مستوى الأرض المحيطة به . وتمثل التل خطوط كنتورية دائرية الشكل ومتداخلة في بعضها البعض ، وتزايد قيم خطوط الكنتور نحو المركز .

ويمثل (شكل ٤٩) بعض الرسوم الكنتورية للتلال ، فالتل المنتظم الانحدار تكون كتواتره المقفلة دائرية تقريباً ، أما إذا اختلفت درجة الانحدار على جوانب التل فلن تكون كتواتره دائرية (أنظر التل ذي الانحدارات المختلفة في شكل ٤٩) .



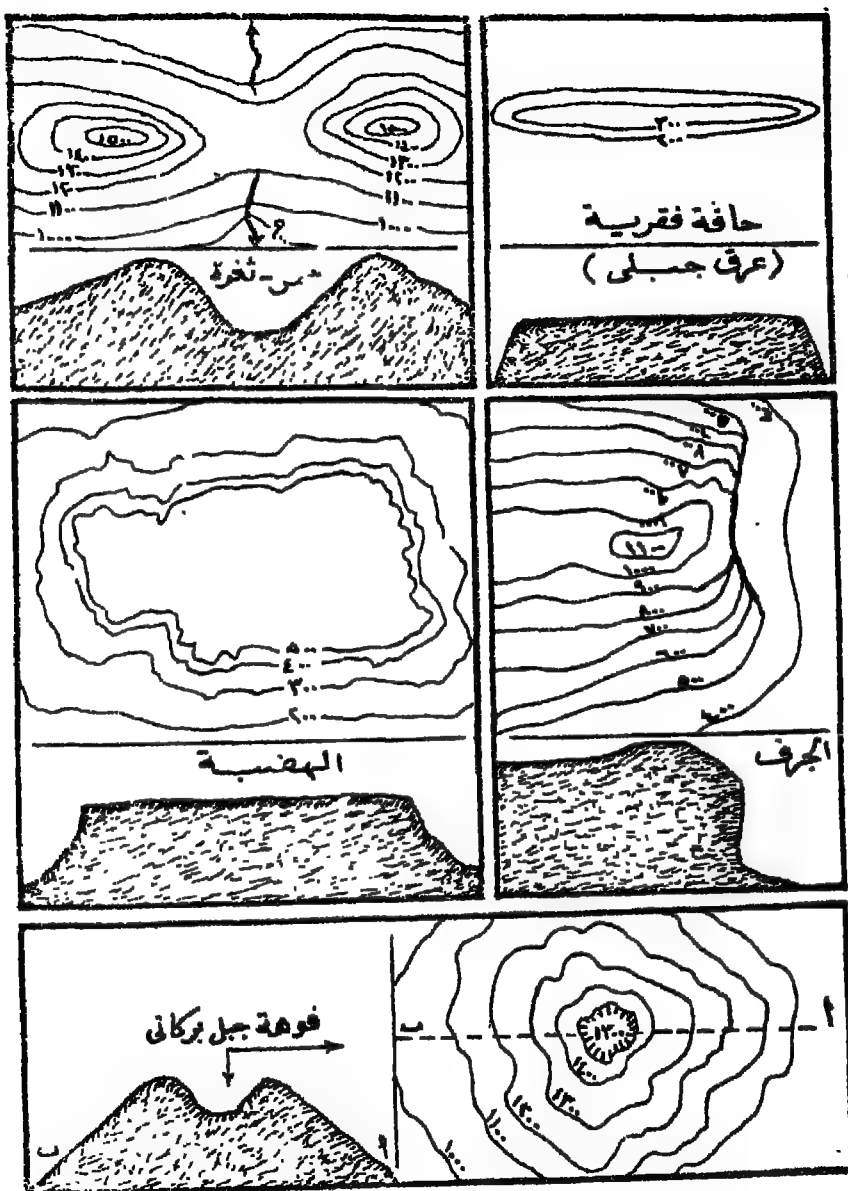
(شكل ٤٩) بعض الأشكال الكتورية للتلال ، وقطاعاتها العرضية - على طول الخط أ ب .

وإذا كان الانحدار على جوانب التل انحداراً مقعراً ، نتج لدينا التل المخروطي الذي تمثله كتورات دائرية مقفلة . ولكن المسافة بين خطوط الكنتور تزداد ضيقاً مع تزايد الارتفاع (أي نحو القمة) ، حيث يكون الانحدار شديداً في الأجزاء العليا من التل المخروطي (شكل ٤٩) . وعلى العكس من ذلك في حالة التل القبابي ، إذ تكون انحداراته محدبة ، وبالتالي تزايد المسافة بين خطوط الكنتور إتساعاً نحو القمة .

ومن الجدير بالملاحظة أن الشكل الكنتوري للتل يشبه تماماً الشكل الكنتوري للحوض ، أو الانخفاض الحوضي ، Basin ، ولكن الفارق الأساسي هو ترقيم خطوط الكنتور الدائرية الشكل ، فخطوط كتور الحوض تزداد قيمة ترقيمها (تزداد إرتفاعاً) كلما خرجنا إلى الأطراف الخارجية لخطوط الكنتور – وهذا عكس الحالة في التل .

الحافة الفقرية Ridge : وهذه عبارة عن شريط طويل وضيق من الأرض التي ترتفع عن المنطقة المحيطة بها ، وبذلك تكون قمة الحافة عبارة عن خط وليست نقطة كما في التل . والخطوط الكنتورية الممثلة للحافة تكون يضيئة الشكل إذا كانت قائمة بذاتها فوق الأرض المحيطة بها (أنظر الرسم الأول في شكل ٥٠) ولكن كثيراً ما تصل الحافة الفقرية بين تلين ، فإذا كانت الحافة في هذه الحالة منخفضة وعريضة (وذات مسافة كبيرة بين التلين) فتسمى « رقة Saddle » . أما إذا كانت الحافة التي تربط بين تلين ضيقة وذات إرتفاع عظيم نسبياً فتسمى في هذه الحالة « ثغرة Col » . وعادة ما تكون الحافة منطقة تقسيم للمياه watershed حينما تفصل بين نظامين من التصريف المائي (النهري) .

الجرف Cliff : يتميز الجرف بارتفاعه العمودي (الرأسي) ، ولهذا نرى عدداً من خطوط الكنتور التي تمثل الجرف تتلاقى في خط واحد (شكل ٥٠) . ونمط خطوط الكنتور التي تمثل الجرف يشبه تماماً نمط الخطوط التي تمثل الشلال waterfall ، (سقوط فجائي في مجرى النهر ينشأ من مقاومة صخور قساعة



(شكل ٥٠) الشكل للكتوري لبعض المظاهر التلالية : الحافة الفقريّة - تل
 ذو قمتين بينهما ثغرة - الجرف - الهضبة - الجبل البركاني .

للنحت (. مع فارق رئيسي وهو ان سرعهم يتفاوت انكسور في الشلال فكون
عكس ترقيمها في حالة الجرف . وينبغي أن نذكر أن خطوط الكنتور لاتتلاقى
إطلاقاً إلا في حالة الجرف القائم أو الشلال .

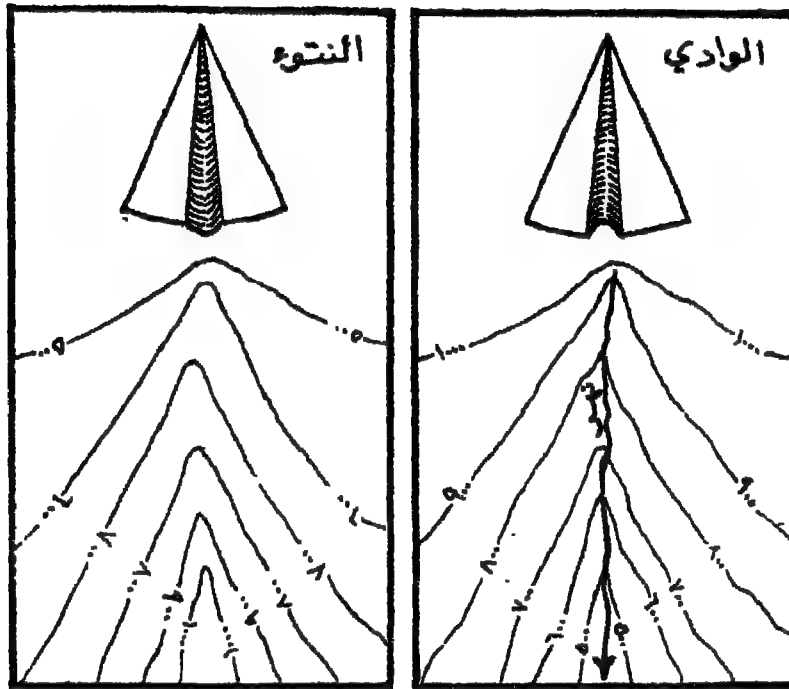
الهضبة Plateau : الهضبة منطقة مرتفعة تغطي مساحة كبيرة . وتتميز
أولاً بارتفاعها الذي يشبه سطح المائدة . ولذلك تسمى الهضبة Table-land
أيضاً ، وبخاصة عندما تحيط بها منحدرات شديدة كوجه الجرف . وأهم ما يميز
الشكل الكنتوري للهضبة أنه يخلو من خطوط الكنتور في منطقة الوسط (شكل
٥٠) .

التل البركاني Volcanic Cone : يتكون التل أو المخروط البركاني عند فتحة
البركان : جة تجمع المواد التي يقذفها البركان على جوانبه . ومن ثم يتكون تل مخروطي
المنحدر . أما فتحة أو فوهة البركان فتتصل في وسط المخروط . فالمخروط البركاني
إذن عبارة عن تل ولكن منطقتة الوسطى العظيمة تحتلها الفوهة أو بحيرة أحيانا
ولذلك فالشكل الكنتوري للتل البركاني يشبه شكل التل العادي . إلا في منطقة
الوسط حيث نجد كتورات مفصلة تدل على الانخفاض (حيث يقل الارتفاع
بسبب وجود الفوهة) . ويبين الرسم الأسفل من (شكل ٥٠) الشكل الكنتوري
للتل البركاني وكذلك قطاعاً لهذا التل على طول الخط . ا ب .

التواء Spur : التواء عبارة عن بروز من الأرض المرتفعة يمتد نحو الأرض
الأكثر انخفاضاً . ولذلك تبدو خطوط الكنتور الممثلة للتواء على شكل بروز من
الخطوط . يتقدم نحو الأرض المنخفضة . وكثيرا ما تفصل التواءات بين أودية
الأنهار : ولذلك فهي تسمى أيضاً « رؤوس نهريه » . وتشبه الخطوط الكنتورية
الممثلة للتواء تلك الممثلة للوادي مع فارق رئيسي . هو ترقيم الخطوط العكسي

الوادي Valley : تبدو خطوط الكنتور التي تمثل الوادي على شكل منحنيات
مترابطة نحو الخلف - أي نحو المنابع والأرض الأكثر ارتفاعا . ورغم التشابه
بين شكل خطوط الكنتور التي تمثل الوادي والتواء . إلا أننا نستطيع بسهولة أن

نتعرف على كليهما من إتجاه رؤوس خطوط الكنتور الممثلة لهما . ويسهل الأمر بدرجة أكبر إذا كان هناك نهر يشغل الوادي . أما في حالة الوادي الجاف (حيث لا يوجد مجرى مائي) فيجب أن نسترشد بترقيم خطوط الكنتور .



(شكل ٥١) الشكل الكنتوري للوادي والنتوء . لاحظ تشابه شكل خطوط الكنتور في الحالتين ، ولكن كتورات الوادي تراجع نحو المنبع أي نحو الأرض المرتفعة ، بينما كتورات النتوء تتقدم نحو الأرض المنخفضة .

ويمثل (شكل ٥١) رسمين تخطيطيين للوادي والنتوء ، وكذلك نمط خطوط الكنتور التي تمثل كليهما .

الوادي النهري River Valley : حينما ندرس بالتفصيل خريطة كنتورية (أو طبوغرافية) ، كثيراً ما نلاحظ أشكالاً كنتورية لظواهر متنوعة

تختص بانتمت والأرساب النهري . ونستطيع تبعاً لوجود هذه الظاهرات أن نعرف على مراحل تطور النهر وواديه . وبوضح (شكل ٥٢) هذه المراحل المختلفة للنهر ، وكذلك بعض القطاعات الطولية والعرضية المجسمة للنهر وواديه وتمثل هذه المراحل فيما يلي :

١ - مرحلة الشباب Youthful stage : وفي هذه المرحلة تكون المجاري سريعة الجريان وتنحت بقوة الصخور التي تعترضها ، فتكون الأودية العميقة والضيقة والتي تبدو على شكل حرف ٧ . ونلاحظ في الشكل الكتوري الذي يمثل هذه المرحلة أنها متقاربة (دليل الانحدار الشديد) ، وأنها مترابطة نحو المنع أي الأرض الأكثر ارتفاعاً . كما نلاحظ نمط الخطوط التي تمثل التواءات (الرؤوس النهرية) التي تمتد بين أودية المجاري العليا . ويستخدم النهر في هذه المرحلة لبناء الخزانات وإنشاء محطات توليد القوى الكهربائية .

ب - مرحلة النضج Mature stage : وفي هذه المرحلة يكون جريان النهر أكثر بطئاً ، ويكون القطاع العرضي لواديه أكثر إنفتاحاً لأن قاع الوادي يصبح أكثر اتساعاً مما هو في مرحلة الشباب . كما نلاحظ تخرج مجرى النهر من جانب إلى آخر . كما نلاحظ أيضاً وجود المدرجات النهرية . ومن ثم تتباعد خطوط الكنتور التي تمثل هذه المرحلة عن بعضها البعض ، وقد نلاحظ سلسلة من خطوط الكنتور المزدوجة على جانبي النهر (أي خطين متقاربين بدرجة كبيرة ، ثم مساحة أكبر خالية ، يليها خطين متقاربين آخرين وهكذا) ويمثل هذا النمط من خطوط الكنتور المدرجات النهرية التي تتتابع على جانبي الوادي النهري . .

ج - مرحلة الكهولة (الشيخوخة) Old stage : وفي هذه المرحلة يجري النهر ببطء شديد ، حاملاً معه نحو البحر الكثير من الرواسب ، كما تنشط عملية الإرساب على طول صفتي النهر وعبر السهل الفيضي الفيض ، وقد تظهر كذلك بعض البحيرات المقطعة Ox-bow lakes قرب الجزء الأدنى من مجرى النهر ،

محلة النمو	محلة النضج	محلة الشباب	الشكل الكنتوري للنهر
مقطع طولي	مقطع عرضي	مقطع عرضي	مقطع عرضي

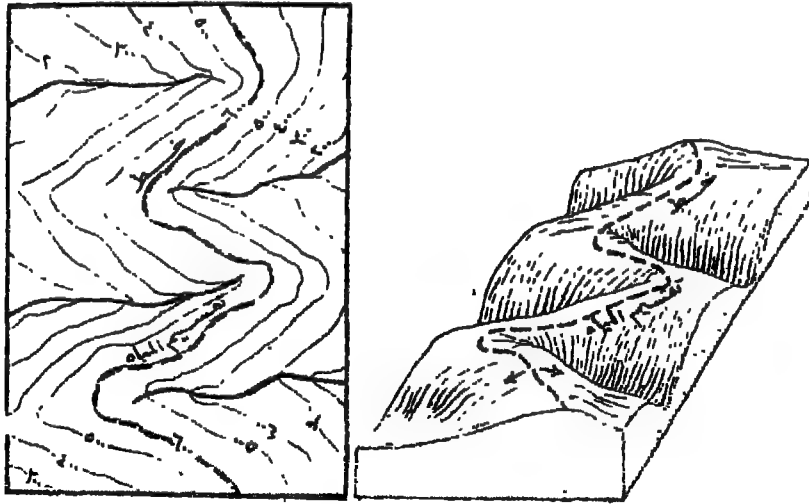
(شكل ٥٢) الشكا الكنتوري في مراحل النهر المختلفة ، وقطاع طولي للنهر

من منبعه إلى مصبه ، ثم قطاعات عرضية مجسمة لمرحلة النهر المختلفة .

وهي تدل على أن النهر قد بلغ مرحلة الشبخوخة . وفي هذه المرحلة قد لا نجد أي خطوط كنتورية دلالة على انبساط السطح واستوائه وتكون السهل الفيضي الفسيح .

وتظهر كل هذه المراحل في (شكل ٥٢) . ولكن ينبغي أن نلاحظ أن مراحل التطور الثلاث هذه لا تظهر في كل الأنهار ، فبعض الأنهار - مثل كثير من المجاري الجبلية مثلاً - تظهر في كل أجزائها في مرحلة الشباب ، وبعضها الآخر لا يعرف مرحلة الشباب على الإطلاق .

مقسم المياه Watershed : وهذا عبارة عن الخط الوهمي الذي يفصل بين الرؤوس المائية للأنهار التي تنساب في اتجاهات مختلفة . وقد يتفق هذا الخط مع خط أعلى القمم التضاريسية في منطقة تقسيم المياه (أنظر شكل ٥٣) . أو قد لا يتفق . ونحن نحدد خطوط تقسيم المياه على خريطة كنتورية . فلإننا نحدد في الواقع الخطوط التي تفصل بين الأحواض النهرية المختلفة .



(شكل ٥٣) منظر مجسم لمنطقة مقسم المياه الذي يفصل بين أحواض نهريّة مختلفة ، ثم الشكل الكنتوري لمقسم المياه

خصائص خطوط الكنتور

نلاحظ مما تقدم أن لخطوط الكنتور مجموعة من الخصائص ، يمكن أن نجملها فيما يلي :

١ - لا يمكن لأي خط كنتور إلا أن يكون متبوعاً بالخط التالي له في السلسلة إما فوقه أو تحته مباشرة. بمعنى أنه إذا كان الفاصل الرأسى ١٠ متر ، فيجب أن يليه خط ٢٠ ثم ٣٠ متر وهكذا . فخاصة الإستمرار لانحدار سطح الأرض توضح أنه لا يمكن أن يكون هناك في الطبيعة تخطياً أو حذفاً لخط كنتور .

٢ - كل خطوط الكنتور هي خطوط مقفلة في نهاية الأمر ؛ فهي لا تنتهي إطلاقاً - ولو أنها قد تبدو كذلك عندما تصل إلى جرف قائم . وقد عرفنا أن خطوط الكنتور تتطابق وتتحد في خط واحد عند الجرف القائم ، ولكنها لا تنتهي . وبالطبع قد تنتهي خطوط الكنتور قرب أطراف لوحة الخريطة . بسبب تحديد المنطقة المرسومة داخل إطار الخريطة .

٣ - تتبع خطوط الكنتور بعضها البعض حتى تصل إما إلى قاعدة منخفض بوضوحه غالباً مجرى مائي أو بحيرة ، وإما إلى قمة مرتفعة أو تل ذروته غير مبينة إلاً إذا كانت هناك نقطة منسوب - يمثلها مثلث صغير مكتوب عليه مقدار إرتفاع هذه النقطة فوق مستوى سطح البحر .

٤ - يدل تقارب خطوط الكنتور على شدة الانحدار ، كما يدل تباعدها عن بعضها البعض على انحدار أقل شدة . ومن ثم تساعدنا المسافة بين خطوط الكنتور على تحديد أنواع الانحدارات على سطح الأرض ؛ فالخطوط تتباعد عن بعضها البعض بمسافة منتظمة في حالة الانحدار المنتظم - سواء أكان شديداً أو خفيفاً . أما في حالة الانحدار المقعر فتتقارب الخطوط

عند القمة (حيث الانحدار شديد) وتتباعد كلما انجهنا نحو المنحدرات السفلى ، والعكس صحيح. في حالة الانحدار المحدث .

٥ - لا يمكن أن تتقاطع خطوط الكنتور ، بمعنى أنه ليس هناك خط يقطع خطاً آخر . وهناك استثناء نظري واحد وهو حالة الجرف النائي الذي تزيد زاوية انحداره على ٩٠° Overhanging cliff (ويكون شبيهاً بالمغارة) . ولكن أي بروز عظيم لا يستمر في الطبيعة بصفة دائمة وغالباً ما تسقط الأجزاء الأكبر بروزاً نحو الخارج ، ويتحول البروز إلى جرف قائم .

٦ - تنوع الأشكال الممثلة بخطوط الكنتور تنوعاً غير محدود . ومع ذلك يمكن تصنيف هذه الأشكال في مجموعات معينة . وأكثر أشكال الكنتور شيوعاً هي أشكال الدوائر والحلقات غير المنتظمة وهي تمثل التلال والجبال والهضاب . كما قد تمثل الأحواض والمنخفضات إذا كانت قيمة خطوط كنتورها تتناقص نحو الداخل . وهناك أيضاً أشكال خطوط الكنتور التي تبدو على شكل حرف V أو U . وهذه تمثل الأودية أو النتوءات - ونعرف ذلك من قيمة ترقيم خطوط الكنتور (راجع شكل ٥١) - كذلك هناك أشكال تحددها خطوط كنتور مستقيمة في امتداداتها . وبخاصة في مناطق الصخور الجيرية .

هكذا نرى أنه يمكن أن نستفيد كثيراً من الخريطة الكنتورية عند دراسة تضاريس أي منطقة . ودراسة التضاريس تساعد كثيراً على تفسير العديد من حقائق ومظاهر الجغرافيا البشرية . فخطوط الكنتور توضح مواقع الجبال والتلال . وكذلك ارتفاعها وشكلها العام . كما نعرف منها شكل سطح الأرض وهذا بدوره يساعدنا على فهم اتجاه التصريف وطبيعة أعماقه . ويساعدنا كذلك على تقدير التغيرات المحلية في المناخ . وهناك الكثير من الظواهر التضاريسية التي لها آثار عميقة على الإنسان وطرق معيشته وأماكن استقراره . فالتضاريس

الأرض واتجاه الوادي وحمل الحافة وغيرها من الظواهر قد تقرر ما إذا كان سكن الإنسان مكشوفاً أو مستوراً ، موحلاً أو جافاً ، محمياً أو معرضاً للهجوم ، صعب الاقتراب أو سهل المنال ، وهكذا .

وينبغي علماً ندرس أشكال سطح الأرض في الخرائط الكنتورية أو الخرائط الطبوغرافية أن ننظر بعناية إلى الأنواع العديدة من الأشكال الكنتورية ، ثم نلتقط منها أمثلة للأشكال التضاريسية الرئيسية أولاً ، ثم نندمج إلى الأشكال الثانوية . ويجدر بنا أن نعي تماماً الشكل الكنتوري للظواهر المهمة كالتلال والمضاب والأودية ، وأن ننسخ بعض الأمثلة الواضحة منها والإحتفاظ بها لكن يمكن الرجوع إليها عند الحاجة أو مقارنتها بغيرها من الظواهر .

تلوين الخريطة الكنتورية

تضاف الألوان إلى الخرائط الكنتورية حتى يتحقق التأثير البياني للخريطة وإبراز عناصر الإرتفاع والانحدار والإستواء . والاقتراب من الشكل المجسم للخريطة . وقد أشرنا في الفصل الثاني أن تقدم الطباعة الليثوغرافية (الطباعة على الحجر) في العصر الحديث قد ساعد على استخدام الألوان في الخرائط الطبوغرافية وفي خرائط العالم .

وهناك طريقتان لتلوين هذه الخرائط في الطباعة ، ويستخدم في الطريقة الأولى لون واحد متدرج الكثافة Layer-colouring ، وهذه تسمى في الطباعة بطريقة الظلال Half-tone . فيستخدم في تمثيل المرتفعات مثلاً اللون البني بدرجاته التي تتزايد كثافة مع تدرج ارتفاع التضاريس ، إذ نبدأ باللون البني الخفيف وننتدرج به حتى نصل إلى البني الداكن في أعلى المرتفعات . ولكن ربما تسبب هذا في طمس بعض التفاصيل والأسماء في الأجزاء العظيمة الإرتفع .

أما الطريقة الثانية فنستخدم عدة ألوان حتى تتجنب الإنتهاء إلى لون داكن

جداً يطمس تفاصيل الخريطة . وينبغي في هذه الطريقة أن نختار الألوان التي تعطي انطباع الكثافة المتدرجة - أي توحى بتدرج التضاريس نفسها . فمثلاً يمكن أن نبدأ في المناطق المنخفضة نسبياً باللون الأصفر الفاتح ثم الأصفر الداكن . ونتدرج بعده إلى اللون البرتقالي ، ثم اللون البني بدرجاته المختلفة . وفي المناطق المرتفعة جداً قد نستخدم اللون البنفسجي (الأرجواني) ثم الأبيض في مناطق قمم الجبال التي تغطيها الثلوج بشكل دائم . وفي حالة الخريطة التي يظهر فيها ساحل البحر والسهول الساحلية أو المنخفضة ، فيحسن أن نبدأ باللون الأخضر الداكن في السهول الساحلية ثم الأخضر الفاتح في السهول الأكثر ارتفاعاً ، ثم نتدرج بعد ذلك إلى الألوان الأخرى كالأصفر والبرتقالي والبني .

وهنا يجب أن نلاحظ أنه ليس من الضروري - ولا من الواجب - أن نختار الألوان (أو درجات اللون الواحد) تبعاً لكل خط كتور على الخريطة ، بحيث يتغير اللون مع تغير خط الكتور . ذلك لأنه ليس هناك خطوط كتور في الطبيعة ، كما أن عدد الخطوط قد يكون كبيراً بحيث لا نجد العدد الكافي من الألوان للملاءمة المساحات الكثيرة بين الخطوط . والطريقة المثلى في هذه الحالة هي أن نعطي لوناً واحداً لكل مجموعة من الخطوط الكتورية . ويتوقف عدد الخطوط في كل مجموعة على مدى تعقد تضاريس المنطقة المرسومة . وكذلك مدى الدقة المطلوب الوصول إليها .

خطوات تلوين الخريطة يدوياً :

يستطيع الطالب أن يقوم بنفسه بتلوين أي خريطة كتورية أو طبوغرافية ذات حجم معقول ، وذلك بعد تدريب بسيط على استخدام الألوان وفرش الألوان . وتوضح الخطوات التالية أبسط الطرق لتلوين هذه الخرائط :

١ - نجهز الخريطة أولاً بالبحر الهندي الأسود الذي لا يتأثر بالبلل : فيتم تمييز

إطار الخريطة والسواحل والخطوط الرئيسية ، وكذلك خطوط الكتور
بسمك دقيق جداً .

٢ - نبط ورقة الخريطة (ويجب أن تكون من نوع ورق الرسم الأبيض
العادي الذي يتشرب الألوان ، مثل ورق برستول) على لوحة الرسم
الخشبية ، ثم نبلل قطعة قماش بالماء ونمسح بها سطح ورقة الخريطة بحيث
تبتل كل ورقة الخريطة . وبواسطة شريط الورق اللاصق ، نلصق كل
إطار الخريطة على اللوحة الخشبية (وهي بالطبع أكبر من مساحة الخريطة)
ثم نتركها لتجف لمدة ساعتين مثلاً . وتعرف هذه الخطوة بعملية « شد »
الخريطة .

٣ - بعد أن تجف الخريطة ، سوف نلاحظ أنها « مشلودة » تماماً على اللوحة
الخشبية ، وسطحها أملس وجاهز للتلوين . ثم نبدأ في تجهيز الألوان
المائية التي سستخدمها ، ولنبدأ مثلاً باللون الأصفر ، فنذيب مقداراً منه
في كوب بإضافة بعض الماء حتى يتكون لدينا سائلاً أصعراً خفيفاً .

٤ - نحدد بعد ذلك عدد الخطوط الكتورية التي سنملأ ما بينها بـلرجتين من
اللون الأصفر : الأصفر الفاتح في المساحة الممتدة مثلاً بين خطوط ٢٠٠ .
٢٥٠ ، ٣٠٠ متر ؛ ثم الأصفر الداكن في المساحة التالية بين خطوط ٣٠٠
٤٠٠ ، ٣٥٠ متر .

٥ - نضع اللوحة في وضع مائل على منضدة الرسم ، وذلك بوضع قطعة
خشب أو كتاب مثلاً تحت إحدى حواف اللوحة الخشبية . ثم نغمس
الفرشاة في اللون الأصفر الذي أعدناه خفيفاً في الأصل ، ونبدأ في التلوين
بحيث نبدأ من أعلى اللوحة إلى أسفل حتى يسهل « جر » اللون بالفرشاة
فوق كل المساحة التي سنلونها باللون الأصفر - سواء الفاتح أو الداكن -
أي بين خطي كتور ٢٠٠ متر ثم ٤٠٠ متر . مع ملاحظة أن تكون
الفرشاة ممتلئة دائماً باللون ولا تجعلها تجف أبداً ، ونسحب اللون بالفرشاة

إلى أسفل حتى يتم تلوين كل المساحة الصفراء - وقد نجد بعض اللون الزائد عند نهاية التلوين في هذه المساحة ، وهذا نلتقطه بالفرشاة بعد أن نجففها في قطعة من ورق النشاف : ونكرر ذلك حتى نسحب كل اللون الزائد . وهنا يجب أن نذكر ملاحظتين أولهما أن لا نرجع بالفرشاة أدنى أثناء التلوين ، وإنما يتم التلوين بطريقة سحب الفرشاة في اتجاه واحد إلى أسفل . والملاحظة الثانية هو أنه لا نحاول إطلاقاً بعد « جر » اللون أن نعود ثانية لطمس أي نقطة بالفرشاة . لأن ذلك لن يصلح أي ضعف في الجزء الذي تم تلوينه وإنما سيترك بقعاً ظاهرة تشوه المساحة الملونة .

٦ - بعد أن يحف اللون الأصفر الخفيف أصلاً في كل المساحة الملونة . ونؤكد تماماً من أن الخريطة قد جفت : نعود إلى الفرشاة وإلى نفس اللون الأصفر في الكوب . ونغمس الفرشاة في نفس اللون (دون أن نريد تركيزه) . ونبدأ في تلوين المساحة التي نريد إظهارها باللون الأصفر الداكن - وهي المساحة المحصورة بين خطي كتور ٣٠٠ ، ٤٠٠ متر . ومعنى هذا أن هذه المساحة ستلون مرة ثانية باللون الأصفر . وهذا صحيح لأن الطبقة الثانية من هذا اللون ستجعله يظهر داكناً فوق هذه المساحة بالذات : وبذلك يكون متميزاً عن المساحة الأخرى ذات اللون الأصفر الخفيف والتي أخذت طبقة واحدة من اللون الأصفر في المرة الأولى .

٧ - نتقل بعد ذلك إلى المساحة التي ستلون باللون البي المتدرج ، وبعد في كوب آخر لونا بنياً خفيفاً ، ونكرر نفس العمليات التي قمنا بها في الخطوة السابقة حينما طبقنا درجات اللون الأصفر على الخريطة . وهكذا .

٨ - بعد أن يتم تلوين الخريطة بكافة الألوان ودراجاتها المطلوبة ، نستخدم شفرة لقطع حواف ورقة الخريطة لكي نفصلها عن اللوحة الخشبية ، ثم نكمل الخريطة بكتابة أي بيانات أو أسماء نريد أن تتضمنها الخريطة . وقد يكون من المستحسن جداً أن نكتب أرقام الكتور بأخبر البني .

وأسماء الأنهار والترع بالخير الأزرق ، أما أسماء مراكز العمران كالقرى والمدن فنكتبها بالخير الأسود .

تظليل الخرائط الكتورية :

كذلك يمكن أن يستخدم الطالب أنماط التظليل المتدرجة الكثافة في تظليل الخريطة الكتورية بنفسه ، بحيث تدرج هذه التظليلات ما بين اللون الأسود المصمت في القمم الشديدة الإرتفاع ، واللون الأبيض في السهول المنخفضة . ويمكنه أن يستخدم في ذلك النمط النقطي ، أو النمط الخطي ، وفي هذه الأنماط تتقارب النقاط الصغيرة (أو الخطوط) من بعضها البعض حتى تصل إلى اللون الأسود ، أو تتباعد عن بعضها حتى تصل إلى اللون الأبيض .

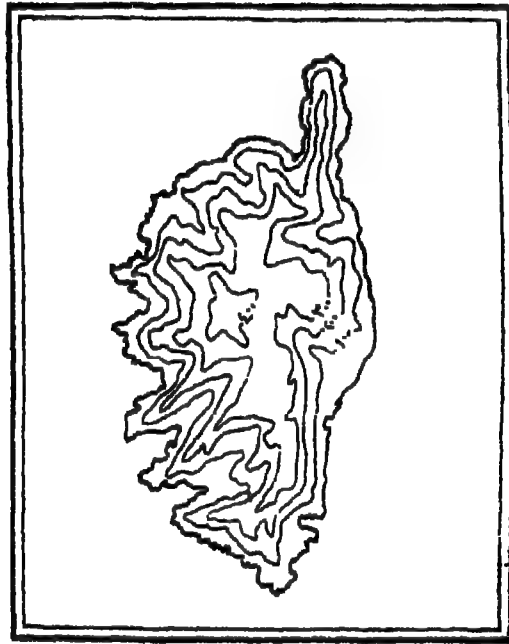
وقد نستخدم طريقة التظليل هذه في الخرائط الصغيرة التي نعلها في حجرة الرسم ، أو لكي تنشر في الكتب المدرسية أو المجلات العلمية . ولكن يعيب هذه الطريقة أن التظليلات الداكنة قد تغطي على كثير من تفاصيل الخريطة ولا تسمح بكتابة الأسماء . ومع ذلك يمكن حل هذه المشكلة بترك مستطيلات بيضاء دون تظليل وسط التظليل الداكن لكي نكتب فيها ما نريده من أسماء . كذلك قد يساعدنا على إتمام تظليل مثل الخرائط ، أن نستخدم أوراق الزباتون Zip-a-tone المطبوع عليها عدد كبير من أنماط التظليل الآلي المرسوم بشكل دقيق ، والمتدرج الكثافة أيضا (راجع شكل ١٨) .

النماذج التضاريسية البارزة

رأينا كيف تعدد طرق الإستفادة من الخريطة الكتورية . كذلك نستطيع بمساعدة الخريطة الكتورية أن نصنع نموذجاً تضاريسياً بارزاً لتمثيل المرتفعات والمنخفضات بشكل مجسم يساعدنا على فهم أشكال التضاريس في هذه الخريطة . ونستخدم في عمل هذه النماذج البارزة مواداً خاصة ، مثل الطين (أو الصلصال) والجبس وخشب الأبلكاش والورق المقوى .

خطوات عمل نموذج بارز من الطين أو الجبس :

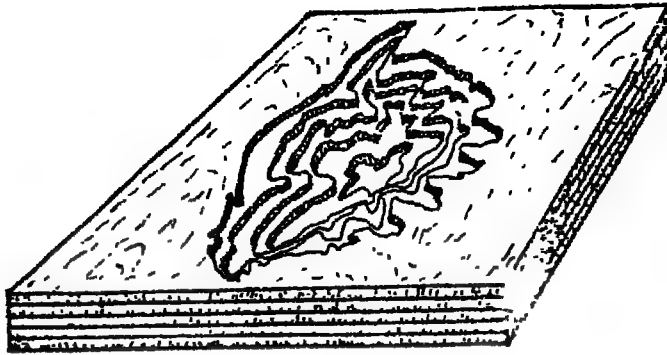
يتطلب عمل نموذج من هذا النوع بعض المواد والأدوات ، وهي : ألواح من خشب الأبلকাশ ، ومنشار صغير ، وورق شفاف ، وجبس أو طين . ولنغرض أننا نريد عمل نموذج بارز لجزيرة كورسيكا في البحر المتوسط ، حينئذ نحصل على خريطة كتورية واضحة لهذه الجزيرة (شكل ٥٤) ، ثم ننبع الخطوات التالية :



(شكل ٥٤) خريطة كتورية لجزيرة كورسيكا الفرنسية بالبحر المتوسط

- ١ - نعد الخطوط الكتورية الموجودة بالخريطة بالإضافة إلى خط الساحل (خط كتور صفر) ، فنجدها جميعاً لها خمسة خطوط . ومن ثم نأخذ بخمسة ألواح من خشب الأبلকাশ . بحيث تكون أبعاد هذه الألواح متساوية في الطول والعرض والسك . كما ينبغي أن تكون مساحتها أكبر قليلاً من مساحة الخريطة .

- ٢ - تأتي بورقة شفافة ونجعل مساحتها مساوية تماماً لمساحة أي لوح مسن الأبلكاش ، ثم ننقل على هذه الورقة الخريطة الكتورية للجزيرة .
- ٣ - نثبت ورقة الشفاف على أحد ألواح الأبلكاش بحيث تنطبق الأطراف تماماً . ثم نطبع على هذا اللوح خط الساحل ونكتب عليه خط كنتور صفر . ويتم طبع الخط على لوح الأبلكاش بأي طريقة من الطرق الآتية :
 - ١ - إما باستخدام ورقة كربون توضع تحت الخريطة ؛
 - ب - أو بنسويد ظهر ورقة الشفاف تحت الخطوط المراد رسمها وذلك بقلم رصاص من النوع اللين ، ثم نضغط على الخط المراد رسمه بقلم رصاص من النوع الصلب أو بواسطة قلم جبر جاف . وبالتالي سوف ينطبع الخط على لوح الأبلكاش .
 - ج - أو بتخريم الخط المراد رسمه بمسكة دبوس بيرة رفيع بحيث تكون الثقوب متقاربة جداً على صور - نضع على ورقة الشفاف - ثم نطمس هذه الثقوب بمسحوق ضبابي ناعم جداً (أو مسحوق فحمي ناعم) . ومن ثم ينطبع على لوح الأبلكاش خط عبارة عن نقض متقاربة من هذا المسحوق ويمكن توصيحه بعد ذلك بقلم الرصاص . ومن نواضح أن هذه طريقة شاقة وتتطلب بعض الوقت .
- ٤ - نرفع ورقة الشفاف ونثبتها على لوح آخر بنفس الطريقة السابقة . ثم نطبع على هذا اللوح (الثاني) خط كنتور ١٠٠ متر .
- ٥ - نستمر بنفس الطريقة في بقية الألواح . ونطبع على اللوح الثالث خط كنتور ٢٠٠ متر . والرابع ٣٠٠ متر . والخامس ٤٠٠ متر .
- ٦ - نفيغ ألواح الأبلكاش بواسطة المنشار على طول الخطوط المطبوعة عليها . ثم نبعد الأجزاء الداخلية (قد نحتاج إليها في عمل نموذج آخر من الخشب) وحفظ بالأجزاء الخارجية لأنها هي التي ستستخدم هنا في عمل نموذج بحسب أو نطين .

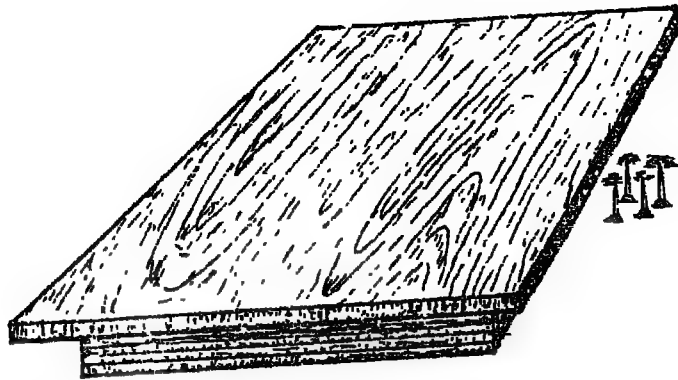


(شكل ٥٥) الأجزاء الخارجية المفرغة من ألواح الأبلكاش مرتبة فوق بعضها.

٧ - نرتب هذه الأجزاء الخارجية من ألواح الأبلكاش فوق بعضها بحيث تنطبق أطرافها تماما ، مع ملاحظة أن يكون اللوح الأول (الذي يمثل خط الساحل) في أعلى المجموعة . ومن تحته لوح كتور ١٠٠ متر ثم لوح ٢٠٠ متر وهكذا - كما في (شكل ٥٥) .

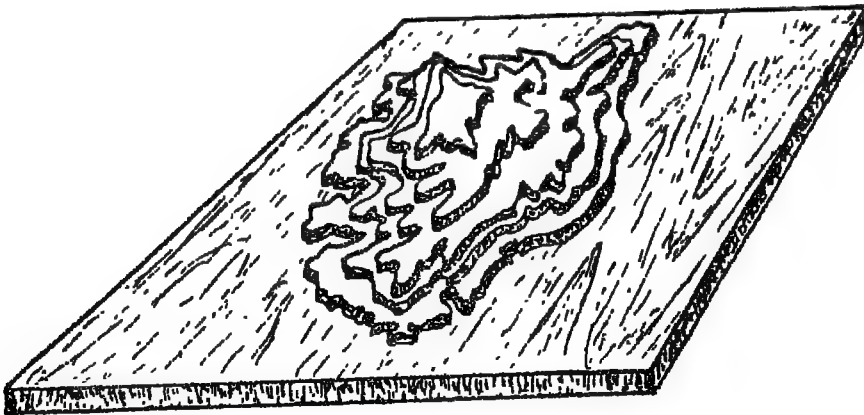
٨ - نثبت الألواح بالترتيب السابق ، ثم نضعها على منضدة كبيرة ، ونأتي بعجينة سائلة من الجبس أو الطين ونصبها في الفراغ الموجود داخل الألواح .

٩ - نأتي بقاعدة من الخشب السميك مساحتها أكبر قليلا من مساحة ألواح الأبلكاش . ونثبت في وسطها عدة مسامير ، ثم نضع هذه القاعدة فوق ألواح الأبلكاش المملوءة بالعجينة بحيث تنغمس رؤوس المسامير في العجينة - ومعنى هذا أننا سنقلب القاعدة الخشبية بعد تثبيت المسامير فيها ، ونضعها على ألواح الأبلكاش - كما في (شكل ٥٦) .



(شكل ٥٦) قاعدة الخشب السميك وقد وضعت فوق ألواح الأبلكاش ،
والرسم الأيمن يمثل وضع رؤوس المسامير المفروسة في الجبس .

١٠ - بعد أن نجف العجينة قليلاً (أي تصبح متماسكة نوعاً) ، نعكس وضع
الألواح بحيث تصبح القاعدة في أسفل النموذج ، ثم نبدأ في نزع ألواح
الأبلكاش واحداً بعد الآخر ، ومن ثم يظهر النموذج البارز قائماً على
القاعدة ، كما يبدو في (شكل ٥٧) .



(شكل ٥٧) النموذج البارز كاملاً ، بعد نزع جميع ألواح الأبلكاش .

ومن الممكن بعد ذلك أن نضيف ألوان الزيت إلى النموذج ، وذلك لتلوين القاعدة التي تمثل البحر باللون الأزرق الفاتح ، ثم السهول الساحلية باللون الأخضر . ثم ندرج بعد ذلك إلى اللون الأصفر والبني .

كذلك قد لا يقتنع الطالب الفنان بالنموذج البارز بهذا الوضع ، فيحاول مثلاً أن يلغي التدرج المفتعل لخطوط الكتور (بالطبع لا توجد خطوط كتور في الطبيعة) ، وذلك بإضافة بعض عجينة الجبس (أو الطين) عند حواف هذه الدرجات الصارمة ، خاصة في المناطق المتدرجة الإنحدار وذلك بعد دراسة دقيقة لخريطة الجزيرة ، كما قد يحاول أيضاً أن يحفر خطوط الأنهار الرئيسية بشكل مناسب ، ثم يضيف الألوان بعد ذلك ، فيظهر النموذج بشكل دقيق وفي رائق .

ومن الجدير بالإشارة هنا أن الأجزاء الداخلية التي فصلت من ألواح الأبلكاش يمكن استخدامها أيضاً في عمل نموذج بارز آخر لهذه الجزيرة ، وذلك إذا رتبنا هذه الأجزاء فوق بعضها البعض كما هي في الخريطة الكتورية أصلاً ، ومن ثم يتج لدينا نموذج بارز من خشب الأبلكاش لجزيرة كورسيكا . نستطيع أن نضيف إليه الألوان المناسبة .

ملاحظات وتمارين

- ١ - هناك طرق عديدة لتمثيل سطح الأرض على الخرائط ، درست منها طرق الهاشور والظلال وخطوط الكتور . أكتب ما تعرفه بإيجاز عن كل طريقة من هذه الطرق . مع ذكر مزايا ومثالب كل منها .
- ٢ - هناك مصطلحات مرت بك عند دراستك لهذا الفصل ، منها : مستوي المقارنة - نقط المناسب - خطوط الهيئة (أو الشكل) - الفاصل الرأسى أو الفاصل الكتوري - المسافة الأفقية . أذكر نبذة عن كل مصطلح من هذه المصطلحات .

٣ - لا شك أن الانحدارات تلعب دوراً حيوياً في حياة أي منطقة على سطح الأرض . فمسر هذه العبارة ، ثم يبين أنواع الانحدارات الرئيسية ، وكيف نعرفها من أشكال خطوط الكنتور الممثلة لها .

٤ - ماذا نعني بتعبير : معدل الانحدار؟ وهل هناك فرق بينه وبين أن نقول : نسبة الانحدار ١٢ ٪ ؟

٥ - تصور أنك تعمل في هيئة التخطيط الإقليمي في مدينتكم ، وتريد أن تقترح مد سكة حديدية بين المدينة وإحدى الضواحي البعيدة، وكان عليك أن تختار بين ثلاثة مسالك لمد هذه السكة الحديدية ، معدل الانحدار في كل منها هو على الترتيب ٧٠/١ . ١٠/١ ، ٣/١ . فأيهم تختار ؟

٦ - هناك بعض الظاهرات التضاريسية تمثلها خطوط كنتورية متشابهة . أذكر نوعين من هذه الظاهرات ، وبيّن كيف تعرف على شكلها الكنتوري في الخريطة .

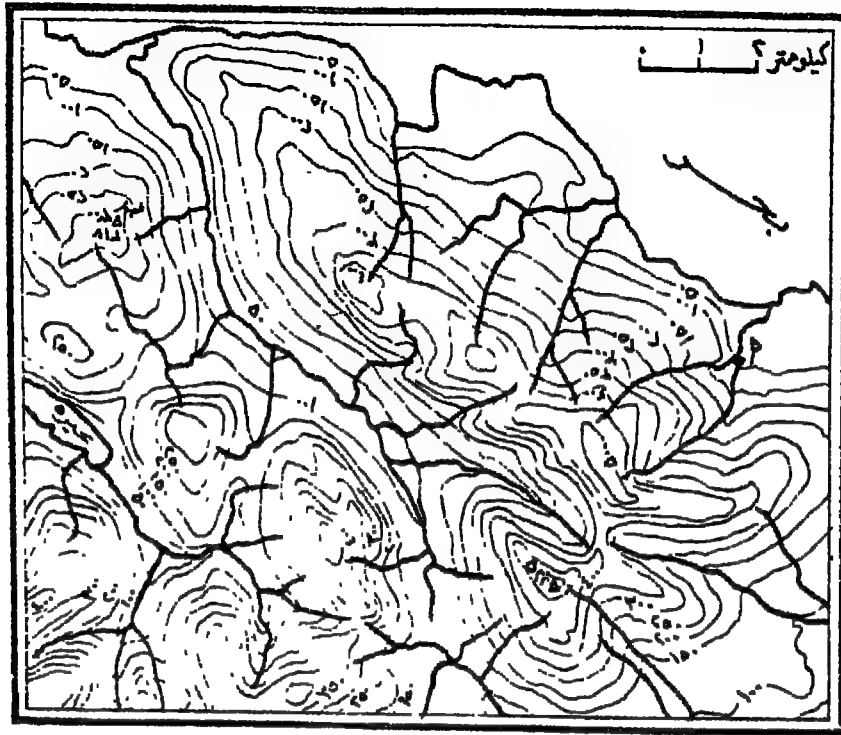
٧ - أذكر ما تعرفه عن خصائص خطوط الكنتور .

٨ - إدرس الخريطة الكنتورية (شكل ٥٨) دراسة جيدة ، ثم حاول ما يلي :

أ - لرسم هذه الخريطة على ورقة خارجية ، ثم لونها بالأقلام الملونة أو ألوان المياه ، بحيث تستخدم الأخضر الداكن بين الساحل وحتى كنتور ١٠٠ متر ، والأخضر الفاتح بين ١٠٠ و ٢٠٠ متر ، ثم الأصفر حتى ٣٠٠ متر ، والبرتقالي حتى ٤٠٠ ، ثم البني بدرجاته بعد ذلك .

ب - هناك نقطتان من نقط المناسب في هذه الخريطة ، أذكرهما .

ج - حدد على الخريطة الظاهرات التالية : ثلاث تلال واضحة - نتوء واضحان (رؤوس نهريّة) - وادي نهري كبير - ثغرة لا يزيد ارتفاعها على ١٥٠ متراً .



(شكل ٥٨) خريطة كنتورية تشمل مجموعة من الأحواض النهرية . والتلال ،
والنتوءات ، ومقاسم المياه .

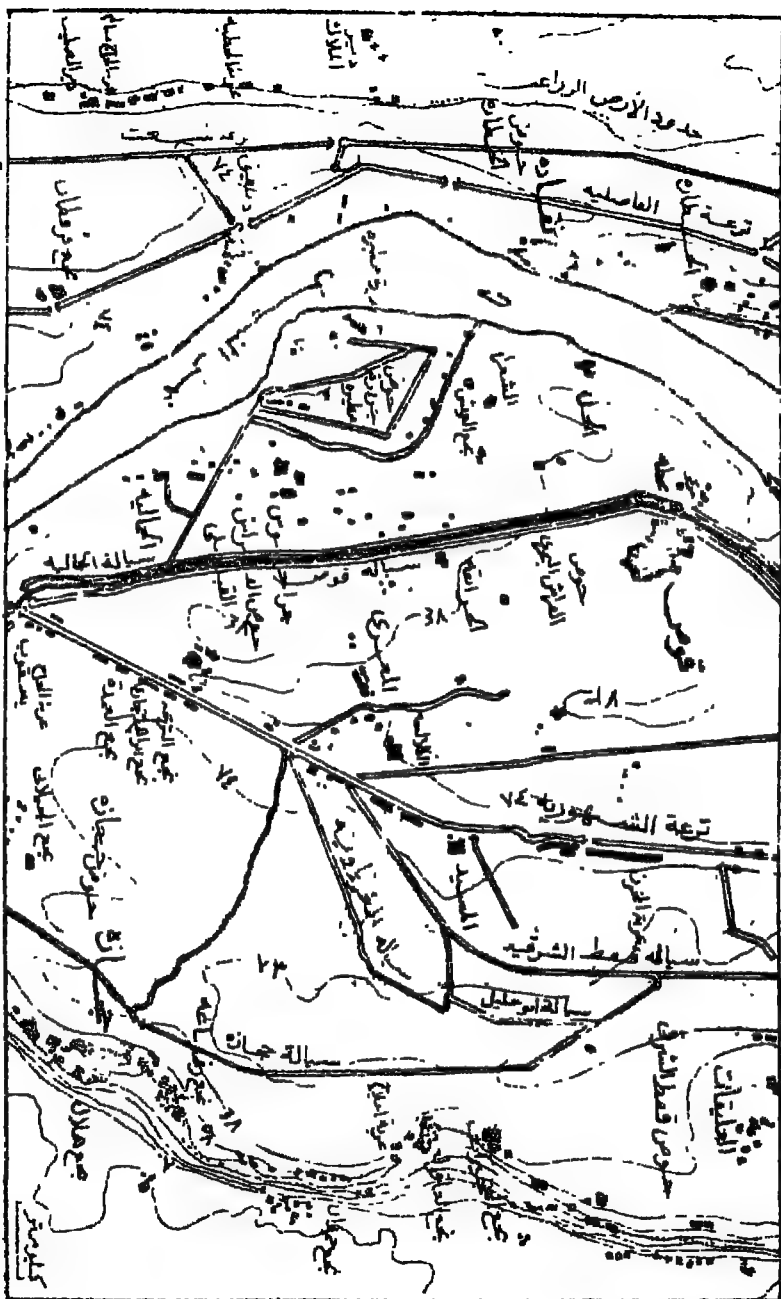
د - إرسم بالقلم الأحمر خطوط تقسيم المياه التي تفصل بين الأحواض
النهرية المختلفة .

هـ - إرسم خطا بين نقطتي أ . ب في هذه الخريطة . ثم إرسم قطاعا رأسيا
على طول هذا الخط ، وتعرف من هذا القطاع هل الرؤية متبادلة بين
هاتين النقطتين ؟

٩ - عرفت أن الخريطة الطبوغرافية هي خريطة لمنطقة صغيرة من سطح الأرض .
رُسمت نتيجة المساحة التفصيلية . وبقياس رسم كبير نسبياً يسمح

والوديان ، كما توضح حدود ظاهرات طبيعية أخرى كالكثبان الرملية والمستنقعات والغابات . وبالإضافة إلى ذلك توضح الظاهرات البشرية كالمدن والقرى والسكك الحديدية والطرق المختلفة ثم الترع والمصارف والكبارى . وعرفت أيضاً أنه كلما كبر مقياس رسم الخريطة الطبوغرافية كلما أمكن رسم تفاصيل أكثر . ويتضح ذلك من الخريطة (شكل ٥٩) ، وهي خريطة طبوغرافية لمدينة قوص في محافظة قنا المصرية ، رُسمت في أعلى الشكل بمقياس ١/١٠٠,٠٠٠ ، ثم بمقياس ١/٢٥,٠٠٠ في أسفل الشكل . فكم مرة كبرت الخريطة المعنية ؟ وماذا تلاحظ من فروق بين الخريطتين وهما لنفس منطقة مدينة قوص ؟

١٠ - عرفت أيضاً أن المظاهر الطبيعية (التي تمثلها خطوط الكثور وأحياناً الهاشور) في الخريطة الطبوغرافية تفسر كثيراً من حقائق الجغرافيا البشرية . فدراسة الخريطة الطبوغرافية تمدنا بوسيلة مناسبة نستطيع عن طريقها أن نفهم العلاقة المتبادلة والتي تقوم بين الإنسان وبيئته . أنظر مثلاً إلى الخريطة الطبوغرافية (شكل ٦٠) وهي لجزء صغير في وادي النيل بصعيد مصر ، ولاحظ حدود الأرض الزراعية على جانبي الوادي (الخط المنقط) ، وما الذي حدث امتداده بهذا الشكل ؟ أنظر أيضاً إلى خطوط الكثور في شرقي الوادي وغربه ، ثم لاحظ تقارب خطوط الكثور عند الحد الشرقي من الوادي — ماذا يعني ذلك ؟ ولماذا تجمعت هناك مراكز العمران في نمط خطي ملحوظ ؟ هل لذلك علاقة بضيق الأرض الزراعية في وادي صعيد مصر بصفة عامة ، فأكثر الناس بناء قراهم على حدود هذه الأرض الزراعية ؟ أم أن هناك أسباباً أخرى تتصل مثلاً بنظام الري الحوضي الذي كان حتى سنوات قليلة مضت سائداً في معظم جهات الوجه القبلي ، وبالتالي كانت تفرق الأراضي الزراعية بمياه فيضان النيل ، ومن ثم حرص الناس على بناء قراهم في المناطق الأكثر ارتفاعاً التي لا تغرقها مياه الفيضان — في الماضي ؟ قارن أيضاً بين امتداد الترع الرئيسية (ويمثلها الخطوط المزدوجة) وعلاقة هذا الامتداد باتجاهات خطوط الكثور ،



(شكل ٦٠) خريطة جلود غرافية لمنطقة قوس في محافظة قنا المصرية (صعيد مصر) ، تبين خطوط الكنتور وتوزيع مراکز العمران والترع والسكك الحديدية -- وهي جزء منقول (تعريف) من ارجحة الأقصر مقياس ١/١٠٠,٠٠٠

ماذا تلاحظ ؟ هل كان لكل سطح الأرض تأثير واضح على اتجاه امتداد هذه
الترع المائية ؟

ارسم هذه الخريطة (شكل ٦٠) على ورق شفاف في ثلاث نسخ : بحيث
ترسم في النسخة الأولى خطوط الكنتور فقط ، وفي النسخة الثانية الترع فقط ،
وفي الثالثة مراكز العمران فقط - بحيث ترسم نهر النيل في كل خريطة . ثم
طبّق هذه النسخ الشفافة فوق بعضها ، مثلاً النسخة الأولى والثانية وحاول
أن تتعرف على مدى العلاقة بين اتجاهات خطوط الكنتور والترع ، ثم بين
خطوط الكنتور وتوزيع مراكز العمران ، أو بين الظاهرات الثلاث مجتمعة .

مراجع الفصل السابع

- ١ - محمد صبحي عبد الحكيم وماهر الليثي (١٩٦٦) ، علم الخرائط ، مكتبة الانجلو المصرية بالقاهرة ، (الفصل الرابع) .
- ٢ - محمد متولى موسى وابراهيم رزقانة (١٩٦٩) ، قواعد الجغرافيا العملية ، الطبعة الثانية ، مكتبة الآداب بالقاهرة ، (القسم الثاني) .
- ٣ - محمد محمد سطحيه (١٩٧١) ، خرائط التوزيعات الجغرافية ، دار النهضة العربية بالقاهرة ، (الفصل الثامن) .
- ٤ - Birch, T.W. (1949), Maps : Topographical and Statistical, Oxford, Ch. 1.
- ٥ - Dury, G.H. (1960), Map Interpretation, 2nd.ed., London.
- ٦ - Garnier, B.J. (1963), Practical Work in Geography, London, Ch. 6.
- ٧ - Guest, Arthur (1970), Advanced Practical Geography, London, pp. 30-35.
- ٨ - Monkhouse, F.J. and Wilkinson, H.R. (1971), Maps and Diagrams, 3rd ed., London, Ch. 2.
- ٩ - Singh, R. and Kanaujia, L.S. (1963), Mapwork and Practical Geography, Allahabad : India, Ch. 5.
- ١٠ - Speak, P. and Carter, A.H.C. (1964), Map Reading and Interpretation, Longmans, London, pp. 9-20.
- ١١ - Sylvester, D. (1952), Maps and Landscape, London, Part 1, 3.

الفصل الثامن

مساقط الخرائط

سبق أن عرفت أن الخريطة الوحيدة التي تمثل الأرض تمثيلاً صحيحاً هي الخريطة المرسومة على نموذج الكرة الأرضية . وعرفت أيضاً أن نماذج الكرة الأرضية أجهزة مفيدة في المكتبات وحجرات الدراسة ، ولكن حمل هذه الأجهزة والتنقل بها من مكان إلى آخر أمر صعب نوعاً . هذا بالإضافة إلى أن النموذج الكروي - بسبب صغر حجمه - لا يستطيع أن يبين إلا ظاهرات الأرض الرئيسية فقط ، مثل القارات والمحيطات والأقطار الكبيرة الحجم . ولكي يتضمن النموذج الكروي تفاصيل واضحة كتلك التي يحتاجها سائقو السيارات أو الرحالة أو دارسو الجغرافيا الاقليمية . فينبغي أن يكون مثل هذا النموذج هائل الحجم - وهذا أمر متعذر . ومن ثم تلجأ إلى « الخرائط » وهي محاولات لتمثيل سطح الأرض المقوس على لوحة مستوية من الورق . وهنا تواجهنا مشكلة نقل السطح المقوس إلى سطح مستوي .

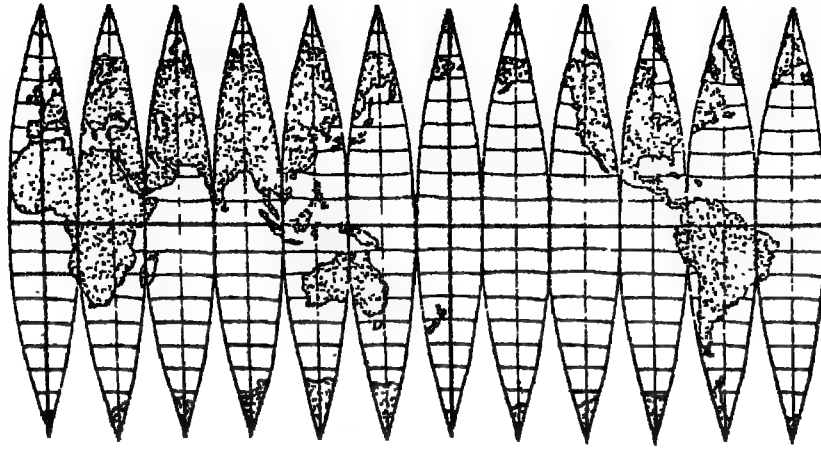
مقدمة عامة

من الممكن أن نصنع خريطة لجزء صغير من الأرض (يغطي بضعة

كيلومترات مربعة) دون كثير من التحريف أو التشويه ، وذلك إذا طبقنا لوحة الورق على هذا الجزء الصغير المرسوم على النموذج الكروي الكبير الحجم . ولكن إذا طبقنا لوحة الورق على جزء كبير من النموذج لرسم قارة أو قاربتين مثلاً ، فسوف تتكسر الورقة وتتجدد ، ومن ثم سيكون هناك تحريف أو تشويه عظيم للشكل المنقول . وفي عبارة موجزة ، لا يؤثر تقوس لمح الأرض كثيراً عندما نرسم خريطة لجزء صغير جداً من سطح الأرض ، لأن التحريف الناتج سيكون ضئيلاً بحيث يمكن إهماله . أما الخرائط التي تمثل مساحات كبيرة من سطح الأرض كالأقطار والقارات أو العالم كله ، فسوف يكون التحريف (التشويه) فيها عظيماً بالضرورة ، وإذا لم نفهم مثل هذا التحريف فقد نقع في أخطاء خطيرة . وقد ينال هذا التحريف عناصر مهمة في الخريطة ، مثل المسافات والاتجاهات والمساحات ، وكذلك الشكل .

وقد نتساءل كيف إذن رُسمت الخريطة الورقية المطبوعة على نموذج الكرة الأرضية دون أي تحريف لشكل سطح الأرض الصحيح ؟ صحيح أن هذه الخريطة مرسومة على ورقة ، ولكن هذه الورقة تتألف من سلسلة من المثلثات أو الشرائح تسمى gores — أي قطع مثلثة الشكل (شكل ٦١) ، ملتصق بعضها ببعض بطريقة دقيقة . وتعتمد تهيئة هذه القطع المستوية من الورق على السطح المقوس ، على دقة تقطيعها وعلى مهارة أصابع صانع النموذج الكروي . ولهذا فمن الممكن أن نرسم خريطة للعالم تتألف أساساً من الشرائح المستخدمة في تجميع نموذج كامل للكرة الأرضية . وتسمى الخرائط المرسومة طبقاً لهذا المبدأ « خرائط مقتضبة » ^(١) interrupted maps ، وقد نراها في بعض الأطلال ؛ وهي قد تتطلب بعض التخيل قبل أن يستطيع الطالب أن يرى كيف أنها تمثل الأرض ، وهذه الخرائط على كل حال هي شكل من أشكال مساقط الخرائط map projections — أي محاولات نقل ورسم الخرائط من السطح المقوس إلى السطح المستوي .

(١) المساقط المقتضبة (أو المتقطعة) تنقص فيها مساحة المحيطات لتظهر القارات بشكلها ومساحتها المطابقة للواقع ، ومن أهمها مسقط « جود » المقتضب .



(شكل ٦١) سلسلة الشرائح المثلثة الشكل التي تُلصق على نموذج الكرة الأرضية .

ومسقط الخريطة عبارة عن تنظيم شبكة خطوط الطول والعرض بشكل معين بحيث يمكن رسم الخريطة عليها . وعندما يُصمم صُناع الخرائط مسقطاً من المساقط . فهم لا يعنون بتفاصيل الخريطة ، إذ يمكن توقيع ورسم المحيطات والقارات والمدن والأنهار بسهولة حالما يصلوا إلى تصميم شبكة خطوط العرض والطول .

الأغراض التي تهدف المساقط إلى تحقيقها :

بدأ التفكير في مساقط الخرائط منذ عرف الإنسان أن الأرض كروية الشكل ، أي منذ فترة الإغريق . وقد إنتكر العلماء والكرتوجرافيون على مر العصور الكثير من المساقط . حتى أصبح لدينا اليوم ضيع مئات من مسقط الخرائط . ومن الناحية العملية . نلاحظ أن عدداً قليلاً نسبياً هو المستخدم من هذه المساقط الكثيرة . كما أنه ليس هناك أي مستط منها يمكن أن يكون مربعاً تماماً — أي ليس هناك مستط يستطيع أن يتجنب تشويه العلاقات السكانية .

التي لا يمكن أن يظهرها بشكل صحيح إلا نموذج الكرة الأرضية . إذن ، لا نجد خريطة مرسومة على سطح مستو (سطح الورقة) تتحقق فيها جميع العناصر — لنخاصة بالمساحة والشكل والزاوية « الاتجاه » والمقياس « المسافة » — بصورتها الصحيحة . ومن هنا تهدف المساقط إلى تحقيق الصورة الصحيحة لعنصر معين أو أكثر من هذه العناصر — ولو أن ذلك يتم على حساب العناصر الأخرى .

فمساقط الخرائط تهدف إذن إلى تحقيق العناصر الآتية :

- (١) المساحة الصحيحة .
- (٢) الشكل الصحيح .
- (٣) الاتجاهات — أو الانحرافات — الصحيحة .
- (٤) المسافات (الأبعاد) الصحيحة .

وتحقيق المساحة الصحيحة أمر عظيم الأهمية في كثير من الخرائط . وبخاصة تلك الخرائط التي ترسم لكي تبين التوزيعات المكانية لظاهرة أو ظاهرات جغرافية مختلفة . وترسم هذه الخرائط على مساقط تؤلف فئة معينة نسميها : مساقط المساحة المتساوية

Equal area, or Equivalent, or Homolographic Projections.

وفي مسقط المساحة المتساوية ، نجد أن أي ستيتمز مربع على الخريطة يمثل نفس العدد من الكيلومترات المربعة الذي يمثله أي استيتمز مربع آخر على الخريطة ، بالعالي تظهر كل القارات والمحيطات والجزر والدول بمساحتها النسبية الصحيحة . ولما كانت المساحة نتاج بعدين إثنين (الطول والعرض) ، فيمكن أن نزيد طول أحد البعدين ونقلل طول البعد الآخر ، ومنع ذلك نحصل على نفس المساحة . فمثلا يرسم مربعاً طول ضلعه ٧ سم ، إذن ستكون مساحته ٤٩ سم^٢ . ثم حول هذا الشكل إلى مستطيل ، وذلك بتنصيف طول أحد جوانبه

ومضاعفة طول الجانب الآخر ، فسوف تجد أن مساحته هي $1 \times 1 = 1$ سم². وهذا في حد ذاته يعني ما يلي : في أي مسقط ، إذا كانت المساحات الممثلة سوف تظهر بنفس مساحاتها الصحيحة ، فإن أشكالها سوف تتغير عما هي عليه في الشكل الكروي (أي يحدث تشويه أو تحريف في الشكل) . والعكس صحيح أيضا ، إذ لا يمكن أن تكون المساحة متساوية في المسقط الذي يحقق شرط الشكل الصحيح تماماً .

أما عنصر الشكل الصحيح فلا يقل أهمية عن عنصر المساحة المتساوية . وقد يصبح الطالب معتاداً على الشكل الصحيح لقارة مثلاً ، أو محيط أو جزيرة ، إذا نظر إليها على خريطة نموذج الأرض الكروي . فهو لا يدرك في معظم الأحوال مدى تشويه هذه الأشكال في الخريطة المرسومة على سطح مستوي . وتسمى فئة المساقط التي تهدف إلى تحقيق الشكل الصحيح عند رسم أي جزء من سطح الأرض ، مساقط الشكل الصحيح

True-shape, or Orthomorphic, or Conformal Projections.

وفي مسقط الشكل الصحيح ، ينبغي أن يكون المقاييس واحداً عند أي نقطة في جميع الاتجاهات ، ولكن هذا ممكن فقط حينما تتقاطع خطوط الطول والعرض في زوايا قائمة..

أما الاتجاه الصحيح فهو عنصر مهم أيضا ، وبخاصة في الخرائط التي تدرس توزيع العوامل ذات الأهمية في العلاقات العالمية . ولكي نبين التوزيعات النطاقية (أو الممتدة محرضياً) لمثل هذه العوامل ، فمن المستحسن تماماً أن تكون خطوط العرض مستقيمة وموازية لخط الاستواء . وتسمى فئة المساقط التي تحاول أن تعرض الانحرافات الصحيحة (أو زوايا السمات azimuths) بمساقط الاتجاهات الصحيحة ، أو المساقط السمتية .

True bearing, or Azimuthal Projections.

مقارنة شبكة المسقط بشبكة النموذج :

إذا درست مجموعة الخرائط المستخدمة في أي أطلس عالمي مناسب . فسوف تلاحظ أن هذه الخرائط مرسومة على أنواع المساقط التي ذكرناها توأ . والتي نحاول تحقيق المساحة المتساوية ، والشكل الجيد لليابس والمحيطات . وكذلك الاتجاهات الصحيحة . ولكي تتحقق بعض هذه الخصائص في خرائط معينة ، فلا مفر من بعض التشويه في الخصائص الأخرى . وينبغي أن يلم الطالب بطبيعة مثل هذه التشويهات ، وأن « يلتصق لها عنراً » عند استخدامه للخرائط المرسومة على مساقط مختلفة .

وهناك طريقة عملية مفيدة في هذا الصدد ، وهي أن يقارن الطالب شبكة المسقط على الخريطة التي أمامه بشبكة خريطة نموذج الكرة الأرضية . ولكن عليه أولاً أن يتحقق من الخصائص الأساسية في شبكة خطوط النموذج الأرضي ، ويتمثل أهم هذه الخصائص فيما يلي :

(١) على خريطة النموذج الكروي ، نجد كل خطوط الطول متساوية في الطول وتلتقي عند القطبين .

(٢) كل خطوط العرض متوازية .

(٣) طول خطوط العرض — أي محيط الدوائر العرضية — يقل كلما بعدنا من خط الاستواء حتى نصل إلى النقطتين اللتين تمثلان القطبين . مع ملاحظة أن محيط دائرة خط عرض ٦٠° يبلغ نصف محيط دائرة خط الاستواء .

(٤) المسافات على طول خطوط الطول بين أي خطي عرضي . تكون متساوية .

(٥) كل خطوط العرض والطول تتقاطع أو تلتقي في زوايا قائمة .

وحين يضع الطالب في اعتباره الملاحظة رقم (٣) ، فسوف يلاحظ أن مسقطاً إسطوانياً كسقط مركبتور (شكل ٦٥) يتساوى فيه طول خطوط

العرض . وينشأ عن هذا مبالغة عظيمة في المساحات الموجودة بالعروض العليا (قرب القطبين) . أنظر مثلاً إلى مساحة جزيرة جرينلاند التي تظهر أكبر من مساحة أمريكا الجنوبية - مع أن الواقع أن أمريكا الجنوبية أكبر من جرينلاند بثمان مرات . فهذا المسقط بالتأكيد لا يحقق شرط المساحات المتساوية .

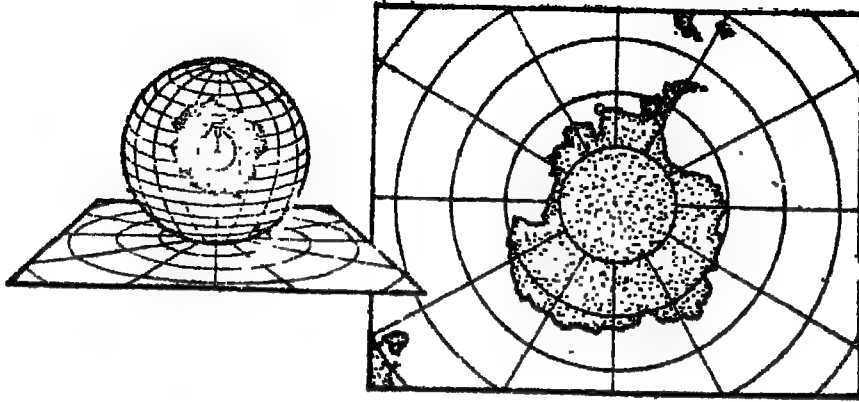
وحيث يتأكد الطالب من الملاحظة رقم (٥) ، فسوف يلاحظ أن مسقط جود Goode المقتضب (شكل ٧٠) والمعدل على المسقط المنحني ، يتضمن زوايا مائلة - منفرجة وحادة - عند نقط اتصال خطوط العرض بخطوط الطول في العروض العليا ، وقد تسبب هذا في تشويه شكل الأرض في هذه المناطق ، مثل ألاسكا وجرينلاند . على أن هذا المسقط ، على كل حال ، يحقق شرط المساحات المتساوية .

تصنيف المساقط :

ليس من السهل أن نضع تصنيفاً واضحاً وجامعاً لمساقط الخرائط . فهذا أمر نكتنفه صعب عددة ، وذلك بسبب كثرة المساقط وتداخلها في بعضها البعض . فمن العلماء من يصنف المساقط على أساس نوعي حسب الغرض الرئيسي الذي تحققه ، ومن ثم تُقسم المساقط إلى ثلاثة أنواع ذكرناها من قبل ، وهي : مساقط المساحات المتساوية ؛ ومساقط الشكل الصحيح ، ثم مساقط الاتجاهات الصحيحة أو المساقط السمتية .

على أنه من الممكن أن نصنف المساقط تصنيفاً مرضياً إذا اعتمدنا في هذا التقسيم على أساس لإنشائها . فبالرغم من كثرة عدد المساقط ، إلا أن عدداً قليلاً منها هو ما يمكن انشاؤه حسب مبادئ الرسم المنظور . أما معظم المساقط المستخدمة فقد استنبطت من معادلات رياضية معقدة ، صيغت بشكل بضمن تحقيق خصائص معينة في الخريطة .

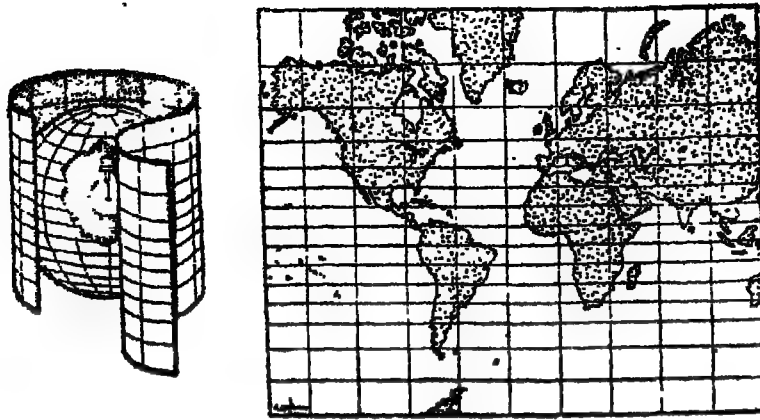
فهناك مجموعة مبسطة من المساقط تسمى مساقط الرسم المنظور perspective



(شكل ٦٢) أحد أشكال المساقط المستوية المنظورة . مصدر الضوء في مركز الكرة ، والسطح المستوي يمس الكرة عند أحد قطبيها .

(أو المساقط الهندسية geometrical) — أي كما يبدو شكل شبكة الأرض لنا حينما نسقطها على لوحة ورق وفقاً لقواعد الرسم المنظور من حيث البعد النسبي والموقع النسبي . ولفهم هذه المجموعة ، نتصور كرة أرضية من الزجاج مرسوم عليها شبكة خطوط الطول والعرض . فإذا وضعنا لمبة مضيئة في وسط الكرة ، فسوف تظهر « تسقط » خطوط الطول والعرض كظلال على أي سطح مستوي قريب . فإذا وضعنا لوحة ورق بحيث تلمس أحد القطبين ، فقد يكون ظل شبكة الخطوط على الورقة مسطواً بسيطاً (شكل ٦٢) . إذ سوف نشع خطوط الطول من هذه النقطة المركزية (القطب) نحو الخارج كخطوط مستقيمة ، بينما تظهر خطوط العرض كدوائر مشتركة المركز ، وتترايد المسافة بينها كلما بعدت هذه الدوائر عن القطب . ويسمى هذا النوع من المساقط : المساقط المستوية أو السمتية .

ويستخدم نفس مبدأ الظلال ، يمكن استنباط مسقط منظور مماثل إذا لفنا إسطوانة من الورق حول الكرة الزجاجية ، بحيث تلامس الكرة على طول خط — وليس نقطة كما في الحالة السابقة . ويسمى هذا النوع من المساقط :

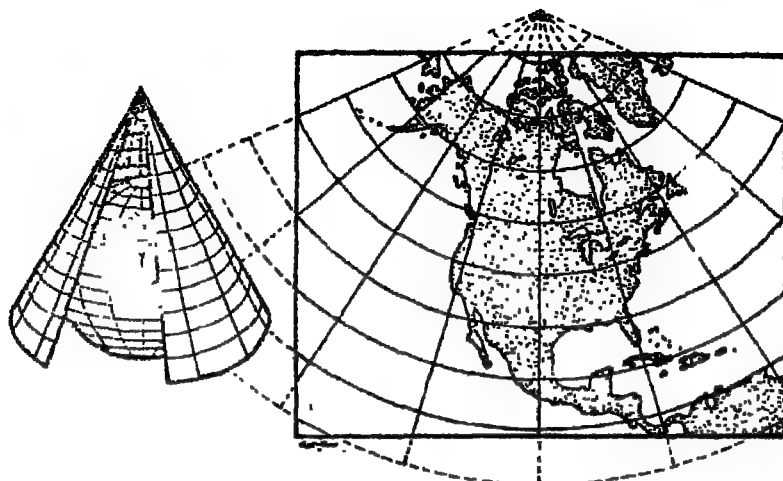


(شكل ٦٣) إحاطة الكرة الزجاجية بإسطوانة من الورق ، ثم بسط الاسطوانة ليظهر : المسقط الإسطواني المنظور .

المساقط الإسطوانية (شكل ٦٣) . لاحظ أن خطوط الطول والعرض تظهر في هذا المسقط كخطوط مستقيمة تقطع بعضها الآخر بزوايا قائمة .

والنوع الثالث من المساقط المنظورة هو المسقط المخروطي ، ويعتمد أيضا على نفس مبدأ الظلال الساقطة . وينتج هذا المسقط إذا وضعنا مخروطاً من الورق على الكرة الزجاجية ، بحيث تكون قمة المخروط فوق القطب مباشرة ، ويلامس المخروط الكرة الزجاجية على طول دائرة خط عرض . وبالتالي سوف يكون إسقاط خطوط الطول كخطوط مستقيمة ، بينما تظهر خطوط العرض كأقواس من دوائر مشتركة المركز (شكل ٦٤) .

كل هذه المساقط التي نحصل عليها نتيجة استخدام مبدأ الظلال الساقطة تسمى : مساقط الرسم المنظور (أو مساقط هندسية) كما ذكرنا . ولكن إذا عدلنا تنسيق خطوط العرض والطول - بالاستعانة ببعض القوانين الرياضية - فسوف يكتب مسقط الخريطة خصائص معينة تفي بمطالبنا الخاصة . ولن يظل المسقط بعد هذا التعديل مسقطاً منظوراً ، وإنما يسمى : مسقط الالمنظور . non-perspective



(شكل ٦٤) فكرة إستنباط المسقط المخروطي ، وذلك بإحاطة الكرة بمخروط من الورق قمته فوق القطب .

إذن لدينا ثلاثة أنواع من المساقط تبعاً لنوع السطح المستخدم في نقل شبكة خطوط العرض والطول ، وهي :

- (١) المساقط المستوية (السمتية) Zenithal Projections — على سطح مستوي .
- (٢) المساقط الإسطوانية Cylindrical Projections — على سطح إسطواني .
- (٣) المساقط المخروطية Conical Projections — على سطح مخروطي .

وبالإضافة إلى هذه المجموعة ، هناك المساقط التي تنشأ على أساس رياضي بحت ، بحيث تفي هذه المساقط باحتياجاتنا الخاصة ، وهي لذلك نوع مفيد جداً . ويسمى هذا النوع من المساقط المرسوم على أساس المعادلات الرياضية : المساقط الرياضية أو الاصطلاحية « conventional » . ومن ثم لدينا نوع رابع من المساقط هو :

- (٤) المساقط الرياضية — وتعتمد على حسابات رياضية تماماً .

١ - المساقط المستوية

نحصل على المساقط المستوية بإلقاء ظلال خطوط العرض والطول على سطح مستوي (ورقة مستوية). وتظل اتجاهات كل النقط من مركز مسقط الخريطة (نقطة المماس) اتجاهات صحيحة . أي أن هذه المساقط تحقق شرط الاتجاهات الصحيحة ، ومن ثم فهي تعرف أيضا بمساقط الاتجاهات الصحيحة ، أو المساقط السمتية Azimuthal Projections .

ونستنبط كل أنواع المساقط المستوية « المنظورة » حين نفترض سطحاً مستوياً يمس الكرة الأرضية . ويمكن أن نجعل هذا السطح المستوي يمس الكرة في مواضع مختلفة ، مثلاً : عند أحد القطبين - أو عند أية نقطة على خط الاستواء ، أو عند أية نقطة أخرى على سطح الكرة . وبالتالي يمكن أن نقسم المساقط المستوية إلى ثلاثة مجموعات تبعاً لموقع السطح المستوي على الكرة

(١) قطبية - عندما يمس السطح المستوي الكرة عند أحد القطبين .

(٢) إستوائية - عندما يمس السطح المستوي الكرة عند نقطة على خط الاستواء.

(٣) مائلة - عندما يمس السطح المستوي الكرة عند أية نقطة أخرى .

وموقع مصدر الضوء مهم بشكل عظيم أيضا ، ذلك أن كلا موقعي السطح المستوي ومصدر الضوء يتحكمان في تحديد المسافات بين مختلف خطوط العرض والطول المسقط على ورقة الخريطة .

ويمكن أن نضع مصدر الضوء في مركز الكرة ؛ أو عند أية نقطة على خط الاستواء ؛ أو خارج الكرة نفسها . وبالتالي يمكن تقسيم المساقط المستوية - مرة أخرى - إلى ثلاث فئات تبعاً لموقع مصدر الضوء :

(١) مركزي (مروبي) Gnomonic - عندما يكون الضوء في مركز الكرة .

(٢) مجسم Stereographic — عندما يكون مصدر الضوء عند أية نقطة على سطح الكرة ، مضادة تماما لنقطة تماس السطح المستوي .

(٣) أورثوجرافي Orthographic — عندما يكون بمصدر الضوء لانهايا (خارج الكرة) ، ومن ثم تكون أشعة الضوء متوازية (معنى أورثوجرافي الاسقاط المتعامد) .

وحيثما ندمج هاتين المجموعتين من المساقط المستوية ، يصبح لدينا تسعة أنواع من هذه المساقط ؛ فكل فئة يمكن أن تنقسم إلى ثلاثة أقسام ثانوية تبعاً لموقع السطح المستوي . فمثلا المسقط المركزي : يمكن أن يكون مسقطاً مركزياً قطبياً (انظر شكل ٦٢) ؛ أو إستوائياً ، أو مائلاً . وهكذا في الفئتين الأخريين . هذه المساقط المستوية في مجموعها تحقق — كما ذكرنا — شرط الانجهاات الصحيحة ؛ ولكنها تتضمن كثيراً من التشويه في الشكل والمساحة ، وبخاصة كلما بعدنا عن نقطة التماس . وهي على كل حال تستخدم في خرائط المناطق القطبية ، وكذلك الخرائط التي تمثل نصف الأرض الكروي . وسوف نعرض فيما يلي مثلاً لها ، وهو المسقط المركزي القطبي .

المسقط المركزي القطبي :

راجع المسقط الذي يوضحه (شكل ٦٢) ، لا شك أنك تأكدت أنه المسقط المركزي القطبي ؛ فمصدر الضوء في مركز الكرة ، والسطح المستوي يمس الكرة عند أحد قطبيها (القطب الجنوبي هنا) . تأمل في شبكة خطوط العرض والطول المسقطة على السطح المستوي ، وتعرف على خصائص هذا المسقط .

الخصائص : (١) تظهر خطوط العرض كدوائر مشتركة المركز .

(٢) خطوط العرض ليست على أبعاد متساوية ، فالمسافات بينها تتزايد سماً انجها بعيداً عن المركز .

(٣) خطوط الطول مستقيمة ، وتشع من مركز الخريطة . وبفضل الموقع النسبي لكل من مصدر الضوء ومماس السطح المستوي ، فقد ظهرت (أسقطت) كل الدوائر العظمى كخطوط مستقيمة ، ومن ثم فمن السهل جداً أن نجد على هذا المسقط أقصر مسافة بين أي نقطتين .

- (٤) المسافات على طول خطوط العرض تتزايد بسرعة بعيداً عن المركز .
- (٥) المسافات بين خطوط الطول تتزايد بسرعة أكبر بعيداً عن المركز .
- (٦) نتيجة للمبالغة في مقاييس كل من خطوط العرض وخطوط الطول ، تظهر المبالغة الشديدة في المساحات كلما بعدنا عن المركز .
- (٧) هناك تشويه في الشكل أيضا ، ويزيد مقدار هذا التشويه كلما بعدنا عن المركز .

استخدام هذا المسقط : بسبب المبالغة في المساحة وتزايد التشويه في الشكل كلما بعدنا عن المركز ، يصبح هذا المسقط مناسباً فقط لرسم منطقة صغيرة في الأقاليم القطبية . ويحسن أن تنحصر المنطقة الممثلة في حدود ٣٠° من مركز الخريطة (كما في حالة رسم القارة القطبية الجنوبية) .

٢ - المساقط الإسطوانية

المسقط الإسطوانى الحقيقي :

يعرف هذا المسقط أيضاً بالمسقط الإسطوانى المنظور perspective (أو الطبيعي) . ونحصل عليه حين نفترض كرة من الزجاج في وسطها مصدر ضوء ، ثم نحيط الكرة بقطعة ورق في شكل إسطوانة (راجع شكل ٦٣) .

ولما كانت الإسطوانة ستلامس الكرة على طول دائرة خط الاستواء ، فمن الواضح أن خط الاستواء لن يسقط أي ظلال . وبالتالي فكل نقطة على

خط الاستواء صحيحة الشكل ، وسيكون المقياس صحيحاً أيضاً على خط طول الإستواء . كما ستعكس كل خطوط العرض الأخرى على الاسطوانة (من الداخل) على شكل دوائر . وتظهر هذه الدوائر كلها مساوية لطول دائرة خط الإستواء ، وبهذا أصبح المقياس من الشرق للغرب مبالغاً فيه جداً . كذلك هناك مبالغة كبيرة في المقياس الشمالي الجنوبي كلما بعدنا عن خط الاستواء . ولا يمكن أن يظهر أي من القطبين الشمالي أو الجنوبي على هذا المسقط ، لأن شعاع الضوء المنبعث من مركز الكرة إلى القطب يصبح موازياً لسطح الاسطوانة . وحين نبسط الاسطوانة على منضدة مستوية السطح ، نجد مسقط شبكة خطوط الطول والعرض — كما تظهر في الرسم الأيمن في (شكل ٦٣) .

الخصائص : (١) كل خطوط العرض وخطوط الطول هي خطوط مستقيمة

(٢) تتقابل خطوط العرض وخطوط الطول في زوايا قائمة .

(٣) المسافات متساوية بين خطوط الطول .

(٤) المسافات ليست متساوية بين خطوط العرض ، وكل خط عرض

مساوي في الطول لخط الإستواء . .

(٥) هناك مبالغة كبيرة جداً في كل من المقياس الشرقي الغربي والمقياس

الشمالي الجنوبي ، والمبالغة ليست بنفس القدر في كلا الاتجاهين . فالمسافات تتزايد بنسب مختلفة في كلا الاتجاهين ، ومن ثم تزداد المساحة كثيراً والشكل مشوه بدرجة عظيمة .

(٦) المسافات (والمقاييس) صحيحة فقط في شريط ضيق حول خط

الإستواء .

الاستخدام : نادراً ما يستخدم هذا المسقط لكثرة أوجه النقص فيه ،

فهو لا يحقق شرط المساحة الصحيحة ولا الشكل الصحيح ، إذ يزيد تشويههما كلما بعدنا عن خط الاستواء . وحتى المقياس فهو صحيح فقط على طول خط الاستواء .

المسقط الاسطواني المتساوي المساحات :

وهذا من نوع المساقط الاسطوانية اللامنتورة . فقد صُمم هذا المسقط بحيث تصبح المساحات عليه مساوية لما يناظرها من مساحات على الكرة الأرضية ، وبالتالي فهو من المساقط التي نحقق شرط المساحات المتساوية . وشبكة هذا المسقط تشبه شبكة خطوط الطول والعرض في المسقط السابق . فيما عدا اختلاف رئيسي وهو أن خطوط العرض في هذا المسقط تتقارب كلما بعدنا عن خط الاسواء . حتى تصبح كالحرمة قرب المناطق القطبية .

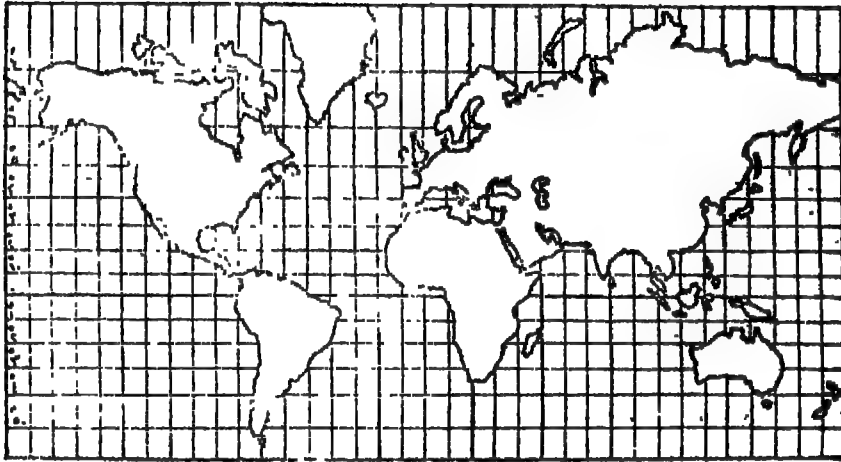
ولما كانت أطوال خطوط العرض مساوية أيضا لطول خط الاستواء في هذا المسقط . فإن المسافات تتزايد أكثر وأكثر كلما بعدنا عن خط الاستواء . ولكن هذه الزيادة في المسافة شرقا وغربا ، يقابلها تقصير المسافات شمالا وجنوبا (المسافة تقل بين خطوط العرض كلما اتجهنا نحو المناطق القطبية) . ومن ثم يحافظ هذا المسقط على المساحة الصحيحة .

ولما كان هذا المسقط يحقق شرط المساحات المتساوية . فيمكن استخدامه في بيان التوزيعات الجغرافية . ولكن الشكل يصبح متوها حداث في العروض العليا . ولهذا لا تظهر التوزيعات بشكل مناسب في العروض العليا . وبالتالي يصبح هذا المسقط مفيداً فقط في إظهار التوزيعات الموجودة في العروض الممتدة بين خطي عرض ٤٥° شمالا وجنوبا . فمثلا نستطيع أن نستخدمه في توزيع الأرز (محصول مداري) ، بينما لا يصلح في توزيع محاصيل العروض الوسطى مثل بنجر السكر أو الشوفان

مسقط ميركيتور :

يُعرف مسقط ميركيتور Mercator بإسم آخر هو المسقط الاسطواني الصحيح الشكل Cylindrical Orthomorphic وكما عرفنا في الفصل الأول . كان جيرارد كرامر ميركيتور كرتوجرافيا هولندي . ولد سنة ١٥١٢ .

وفي سنة ١٥٦٩ إبتكر مركبتور هذا المسقط ، الذي سُمي باسمه من بعده . ولم يكن المسقط حين قدمه مركبتور في أول الأمر صحيحاً تماماً ، إذ عدله بعد ذلك (بعد ثلاثين عاماً) كرتوجرافي بريطاني إسمه إدوارد رايت E. Wright (شكل ٦٥) .



(شكل ٦٥) مسقط مركبتور - المسقط الإسطوانى الصحيح الشكل في المساحات الصغيرة .

وقد أصبح مسقط مركبتور - وهو مسقط إسطوانى معدّل - رائجاً وشائعاً جداً في الأطالس التي كانت تصدر في بريطانيا ، وكان السبب الرئيسي في ذبوع وانتشار هذا المسقط هو تحقيقه للاتجاه الصحيح ، ومن ثم إستخدام بشكل عظيم في الأغراض الملاحية . وقد كانت بريطانيا أعظم قوة بحرية في عالم القرن التاسع عشر ، فكان من الطبيعي إذن أن يسرفوا في تقدير هذا المسقط . أضف إلى هذا أن المساحات الواقعة خارج النطاق الإستوائى تظهر على هذا المسقط بشكل مبالغ فيه جداً ، وبالتالي ظهرت عليه أقطار العروض الوسطى - التي كانت ضمن الامبراطورية البريطانية - بمساحات أعظم من

حقيقتها بكثير . وقد كان هذا أيضاً من أسباب رواج هذا المسقط في بريطانيا ، على أن هذا المسقط يعتبر - في الحقيقة - مشولاً عن تثبيت بعض الأفكار الخاطئة في أذهان الناس ، وهي الأفكار والمفاهيم الخاصة بمساحة الدول المختلفة . فالاتحاد السوفيتي مثلاً ، يظهر على هذا المسقط أكبر من بقية أوراسيا وإفريقيا مجتمعين - مع أن الواقع غير ذلك ^(١) . كما تظهر عليه جزيرة جرينلاند (٢,٢ مليون كم^٢) أكبر من أمريكا الجنوبية (١٧,٨ مليون كيلومتر مربع) - مع أن هذه القارة أكبر من جرينلاند بأكثر من ثمان مرات كما هو واضح . بل إن استخدام هذا المسقط قد هدم كروية سطح الأرض ، وجعله سطحاً مستوياً في تخيل الناس . فأمريكا الشمالية عليه تبدو أقرب ما تكون إلى أوروبا عبر طريق المحيط الأطلسي ، مع أن الذي يستحيل أن يبينه هذا المسقط هو أن هناك طريقاً قطعياً أقصر بكثير وهو الطريق الذي تستخدمه الخطوط الجوية بين هاتين القارتين .

خصائص مسقط مركيتور : (١) تظهر خطوط العرض وخطوط الطول كخطوط مستقيمة .

(٢) تتقابل خطوط العرض والطول في زوايا قائمة - تماماً كما في حالة الكرة .

(٣) المسافات متساوية بين خطوط الطول .

(٤) المسافات ليست متساوية بين خطوط العرض ، إذ تزداد المسافات بين خطوط العرض كلما بعدنا عن خط الاستواء شمالاً أو جنوباً .

(٥) الاتجاه صحيح بين أي نقطتين (بسبب تقابل الخطوط في زوايا قائمة) ، وهذا يعتبر أهم مزايا هذا المسقط .

(٦) الشكل صحيح في المساحات الصغيرة . ولكن عندما يكون الإمتداد العرضي كبيراً ، يصبح شكل المساحات مشوهاً .

(١) تبلغ مساحة الاتحاد السوفيتي ٢٢,٤ مليون كيلومتر مربع ، بينما مساحة إفريقيا ٣٠,٢ مليون ، وأوروبا دون الاتحاد السوفيتي ٤,٩ مليون كيلومتر مربع .

(٧) تظهر المسافات الصحيحة على طول خط الاستواء فقط .

(٨) لا يحقق هذا المسقط شرط المساحة الصحيحة ، فالمبالغة عظيمة في المساحات المختلفة .

الاستخدامات : يتمثل الاستخدام الرئيسي لهذا المسقط في تحديد الطريق الملاحي ، بواسطة تتبع خطوط الاتجاهات الثابتة Loxodromes . ونظراً لتقابل خطوط العرض والطول في زوايا قائمة كما هي الحال على الكرة الأرضية ، فأي خط مستقيم على مسقط مركبتور هو إذن خط ذو اتجاه ثابت وصحيح ، ويسمى خط الاتجاه الثابت . وهذا الخط يقطع جميع خطوط الطول بنفس الزاوية على سطح الأرض . وهو ذو أهمية عظيمة للسفينة المسافرة عبر البحر ، لأنه متى تحددت الاتجاه تكون السفينة مسافرة في الاتجاه الصحيح طالما أنها تتبع خط الاتجاه الثابت ، ثم تتبع خط اتجاه ثابت آخر ، وهكذا إلى أن تصل إلى نهاية رحلتها .

وهناك استخدام آخر لمسقط مركبتور . فلما كان هذا المسقط يُظهر العالم كله ، فقد استخدم في الأطالس لبيان الأنماط العالمية الخاصة بالتيارات البحرية وكذلك نظم الرياح وأنواعها كما أن هذا المسقط مناسب جداً لخرائط الطقس .

٣ - المساقط المخروطية

لكي نحصل على مسقط مخروطي. منظور ، نفترض مخروطاً من الورق ثم نضعه فوق الكرة الزجاجية - كما هو واضح في شكل ١٤ الأسبق . ويوضع المخروط بحيث تكون قمته على امتداد محور الكرة (أي فوق القطب) . وبذلك يمس المخروط الكرة الزجاجية على طول دائرة عرض . وحينما يضيء المصباح الموجود في مركز الكرة ، فسوف تظهر دائرة المماس بشكل صحيح على المخروط . وتسمى دائرة خط العرض التي يحدث عندها التماس والتي تكون المسافات على طولها صحيحة ، بخط العرض القياسي (أو الصحيح)

standaro parallel . وحسبما نبسط المخروط على منضدة مستوية، نجد أمامنا مستطاً محروطاً : ظهرت فيه خطوط الطول كخطوط مستقيمة ، وخطوط العرض كأقواس من دوائر مشتركة المركز . ولا تكون المسافات صحيحة إلا على طول دائرة التماس - أو خط العرض القياسي كما سبق أن ذكرنا هذا هو المسقط المخروطي المنظور ، ولكن المساقط المخروطية المستخدمة في رسم الخرائط هي بصفة عامة مساقط لا منظورة (أي معدلة عن المسقط المخروطي المنظور ، بالاستعانة ببعض القوانين الرياضية) .

ومن هذه المساقط : « المسقط المخروطي البسيط » الذي يوضح المبادئ الأساسية في إنشاء المساقط المخروطية . وله خط عرض قياسي واحد ، حيث تكون المساحة صحيحة حوله فقط ، وهو لهذا يستخدم في رسم مساحة ذات امتداد شرقي غربي ضيق الاتساع (الشمالي الجنوبي) .

المسقط المخروطي بخطى عرض قياسي :

صُمم هذا المسقط المخروطي بحيث يكون له خطان عرضيان قياسيان (تصوره كما لو كان المخروط يقطع خلال الكرة على طول دائرتين من دوائر خطوط العرض) . وبالتالي ستكون المساحات المثلثة صحيحة نوعاً حول هذين الخطين ، أو بصورة أدق . تكون المساحات صحيحة على طول هذين الخطين القياسيين . وفي أي خريطة ترسم على هذا المسقط . لا بد أن نعطي اعتباراً أساسياً لمسألة اختيار هذين الخطين القياسيين وبصفة عامة ، يحسن اختيار هذين الخطين بحيث يحصر فيهما بينهما تقريباً ثلثي المساحة المثلثة على الخريطة .

الخصائص : (١) خطوط العرض عبارة عن أقواس من دوائر مشتركة المركز ، وترسم على مسافات متساوية

(٢) خطوط الطول . خطوط مستقيمة تشع من المركز المشترك كأصاف أقطار لأقواس الدوائر المشتركة المركز .

(٣) المقياس صحيح على طول خطي العرض القياسيين فقط .

(٤) المقياس صحيح أيضا على طول خط العرض الأوسط (قُصد ذلك عند تصميم وإنشاء المسقط) . ولما كانت خطوط الطول الأخرى مائلة لخط الطول الأوسط - إذ أن كلها أنصاف أقطار - فالمقياس صحيح على طول كل خطوط الطول .

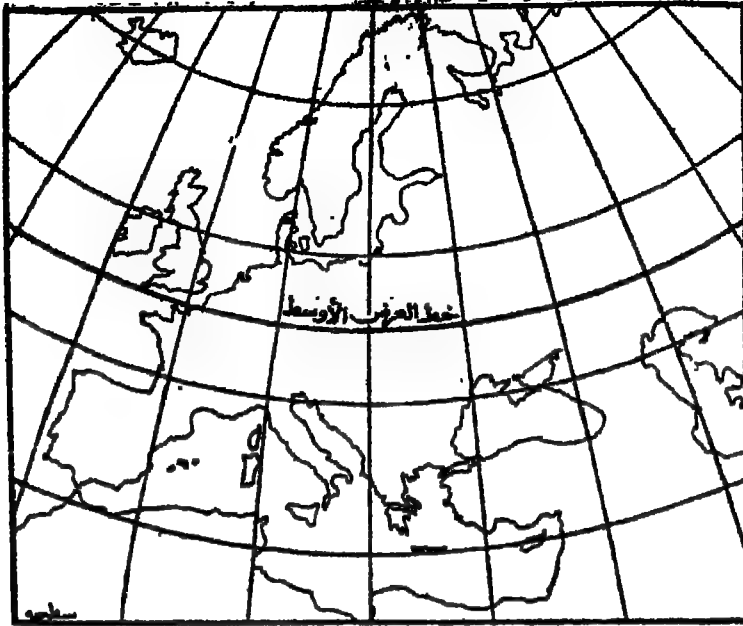
(٥) تُمثل المسافات الواقعة بين خطي العرض القياسيين بصورة أقصر مما هي عليه في الطبيعة . بينما تمثل المسافات الواقعة خارج هذين الخطين بصورة أكبر من حقيقتها .

الاستخدام : هذا المسقط مناسب تماما لتمثيل مساحة ذات امتداد شرقي غربي مع اتساع عظيم شمالاً وجنوباً في العروض الوسطى . وهو لذلك مناسب لتمثيل الأقطار العظيمة الامتداد مثل الإتحاد السوفيتي وكندا . ومع ذلك ، فنظراً لتزايد تشويه المقياس على طول خطوط العرض الأخرى (أي غير القياسية) ، فيحسن أن نستخدم هذا المسقط لتمثيل المساحات ذات الامتداد العرضي القليل نسبياً حتى نحصل على نتائج أحسن .

مسقط بون Bonne :

يسمى مسقط بون أيضا : المسقط المخروطي المتساوي المساحات . وهو مسقط مخروطي معدل ، وفيه نجد أن كل خطوط العرض عبارة عن خطوط عرض قياسية ، ومن ثم فهي جميعا صحيحة المقياس (شكل ٦٦) . ولكن لأغراض الإنشاء والتصميم ، يُختار خط عرض قياسي واحد (كما في حالة المسقط المخروطي البسيط) بحيث يكون دائما في الجزء الأوسط من الخريطة ، لأن خطوط العرض الأخرى ترسم على هذه ، وستظهر كأقواس مشتركة المركز .

خصائص مسقط بون : (١) خطوط عرض عبارة عن أقواس مشتركة المركز .



(شكل ٦٦) خريطة أوروبا على مسقط «بون» - أو المسقط المخروطي المتساوي المساحات .

(٢) خطوط الطول عبارة عن أقواس سلسلة ، فيما عدا خط الطول الأوسط الذي يكون خطاً مستقيماً .

(٣) المقياس صحيح على طول كل خطوط العرض لأنها قد قُسمت تقسيماً صحيحاً . وهذا هو السبب في أن المسافات تكون صحيحة في الإمتداد الشرقي الغربي .

(٤) كل خطوط العرض هي خطوط عرض قياسية standard ، صحيحة المقياس .

(٥) المقياس صحيح فقط على طول خط الطول الأوسط ؛ أما على طول خطوط الطول الأخرى فهناك مبالغة ، وتزيد كلما بعدنا عن خط الطول الأوسط .

(٦) يحقق مسقط بـ شرط المساحات المتساوية

(٧) لا يحقق مسقط بون شرط الشكل الصحيح . إلا على خط الطول الأوسط . فكلما ابتعدنا عن هذا الخط شرقا أو غربا تعرض شكل الخريطة لتدريجيا للتشويه .

الاستخدامات : لما كان هذا المسقط يحقق شرط المساحات الصحيحة . فقد شاع استخدامه في تمثيل القارات والأقطار الكبيرة مثل أوروبا وأمريكا الشمالية وأستراليا . ولكن آسيا لا تظهر عليه بصورة جيدة لأن أطراف الخريطة الواقعة بعيداً عن خط الطول الأوسط تعرض لتشويه كبير في الشكل . وعلى كل حال فقد استخدم مسقط بون في الأطالس لتمثيل كل القارات ما عدا إفريقيا . وبسبب خاصية تحقيق المساحة الصحيحة . يستخدم هذا المسقط أيضا في اللوحات الطبوغرافية الخاصة بعص الأقطار مثل هولندا وبلجيكا وسويسر .

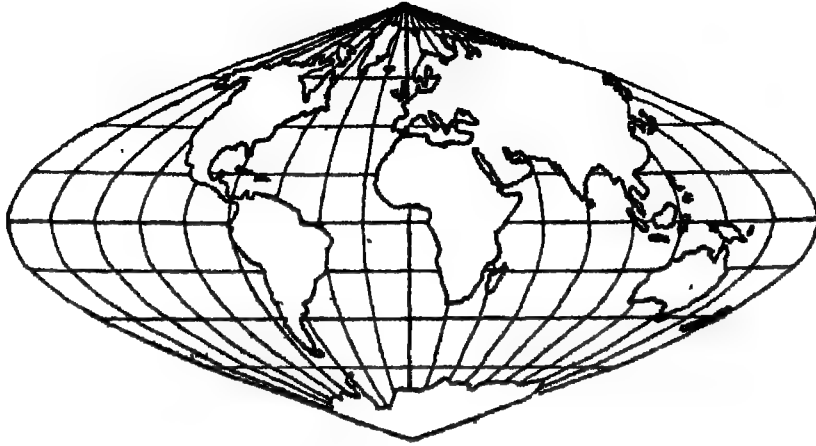
مسقط سانسون — فلامستيد :

يسمى هذا المسقط بشكل عام بمسقط سانسون— فلامستيد Sanson-Flamsteed . إذ يقال أن سانسون (وكان كرتوجرافيا فرنسا) أول من استخدم هذا المسقط في حوالي عام ١٦٥٠ . كما استخدمه أيضا فلامستيد (وكان فلكيا بريطانيا) في سنة ١٧٢٩^(١)

كذلك يسمى هذا المسقط بالمسقط المنحني Sinusoidal Projection وقد سُمي كذلك لأن خطوط الطول عبارة عن منحنيات جيب sine-curves رُسمت خلال نقاط التقسيم المناظرة لها على كل خط عرض (وهذه مسائل في الرياضيات استخدمت عند إنشاء المسقط . ولا نهنا هنا) .

والمسقط المنحني يعتبر في الحقيقة حالة خاصة من مسقط بون مع جعل خط

(١) هناك من يعتقد بأن مركيتور استخدم هذا المسقط قبل هدين الماين ، ولذلك يسمى هذا المسقط مسقط مركيتور — سانسون — فلامستيد



(شكل ٦٧) المسقط المنحني (سنوسويد) - أو مسقط «سانسون-فلامستيد» .

الاستواء : خط العرض القياسي . ويظهر خط الإستواء في المسقط المنحني كخط مستقيم ، ومن ثم فكل خطوط العرض الأخرى خطوط مستقيمة وموازية لخط الاستواء (شكل ٦٧) . وكما هي الحال في مسقط بون ، فقد قُسم خط الطول الأوسط في المسقط المنحني تقسيماً صحيحاً وكذلك قُسمت خطوط العرض بصورة صحيحة . وبالتالي يعتبر مسقط سانسون - فلامستيد (المنحني) من مساقط المساحات المتساوية .

خصائص المسقط : (١) خط الاستواء هو خط العرض القياسي وهو خط مستقيم مرسوم تبعاً للمقياس الصحيح .

(٢) خطوط العرض خطوط مستقيمة حتى تكون متوافقة لخط العرض القياسي (خط الاستواء) .

(٣) رُسمت خطوط العرض على مسافات متساوية ، وهي مقسمة تقسيماً صحيحاً لرسم خطوط الطول .

(٤) كل خطوط الطول - ما عدا خط الطول الأوسط - هي عبارة عن

منحنيات جيوب . أما خط الطول، الأوسط فهو خط مستقيم وعمودي على خط الاستواء ويساوي نصف طول خط الاستواء . وخط الطول الأوسط مقسم أيضاً تقسيماً صحيحاً .

(٥) المقياس صحيح على طول مثل خطوط العرض وكذلك خط الطول الأوسط . ولكن في حالة خطوط الطول الأخرى فهناك مبالغة عظيمة ، زائد كلما بعدنا عن خط الطول الأوسط بسبب اختلاف ميل الزوايا التي تقاطع عندها خطوط الطول مع خطوط العرض .

(٦) هذا المسقط — مثل مسقط بون — يحقق شرط المساحات المتساوية . ولكن المسقط المنحني في خريطة العالم لا يحقق الشكل الصحيح في العروض العليا وعلى طول الأطراف .

استخدامات المسقط : لما كان المسقط المنحني محققاً للمساحات الصحيحة ، فهو مناسب لتمثيل التوزيعات الكمية . وقد استخدم في الأطالس بكثرة لتمثيل القارات الممتدة في الأقاليم المدارية وكذلك في العروض الوسطى (مثل إفريقيا وأمريكا الجنوبية وأستراليا) . وعلى كل حال ، لا يناسب هذا المسقط تمثيل العالم كله بسبب اختلاف المقياس الطولي وما ينتج عن ذلك من تشويه للشكل .

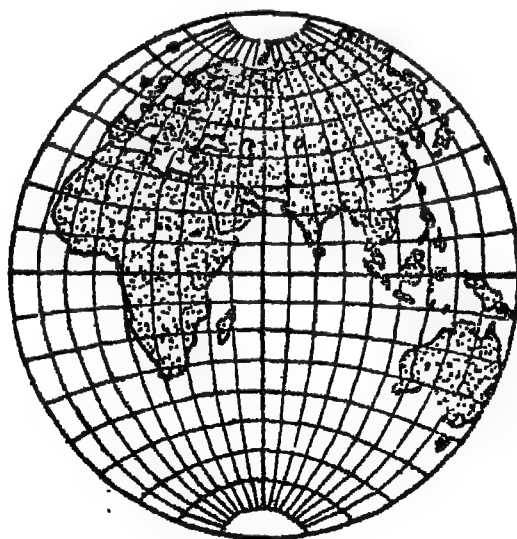
٤ — المساقط الاصطلاحية (الرياضية)

حينما صنفنا المساقط ، ذكرنا أن هناك نوعاً من المساقط يعتمد في إنشائه اعتماداً تاماً على معادلات رياضية ، يصيغها العلماء بشكل بضمن تحقيق شروط معينة ومرغوبة في المسقط الذي سيتم رسمه على أساس هذه المعادلات الرياضية . وذكرنا أيضاً أن معظم المساقط المستخدمة في الخرائط هي من هذا النوع الاصطلاحي — أي غير الأصلية . ولكنها متفقة مع القواعد المقررة .

وسوف نعرض فيما يلي ثلاثة مساقط من هذا النوع ، ولكتنا لن ننطرق إلى كيفية إنشائها بالطرق الرياضية ، فهذه مسائل لا تهمننا كثيراً كجغرافيين ، وإنما المهم أن نفهم شكل شبكة المسقط وخصائصه واستخداماته المناسبة .

المسقط الكروي : Globular

يمثل هذا المسقط العالم في نصفي كرة (شكل ٦٨) . وفي الأصل ، كان الأب « فور نير » هو الذي ابتكر هذا المسقط في سنة ١٦٤٣ ، وكانت خطوط الطول عبارة عن خطوط بيضوية تمر خلال القطبين والأقسام المتساوية المسافة على طول خط الإستواء . وبعد ذلك بحوالي عشرين سنة (١٦٦٠) ، عدله أحد العلماء بأن جعل خطوط الطول أقواساً من دوائر بدلاً من الخطوط البيضوية . وفي سنة ١٧٩٣ ، قدم « أرو سميث » هذا المسقط من جديد باسم : المسقط الكروي .



(شكل ٦٨) المسقط الكروي

الخصائص: (١) خطوط العرض عبارة عن أقواس من دوائر — فيما عدا خط الإستواء .

(٢) خطوط الطول أيضاً أقواس من دوائر — فيما عدا خط الطول الأوسط .

(٣) التقسيمات على طول خط الإستواء وخط الطول الأوسط متساوية كلها .

(٤) هذا المسقط لا يحقق المساحات المتساوية ولا الشكل الصحيح . فخطوط العرض لا تتقاطع مع خطوط الطول في زوايا قائمة . كما أن المقياس ليس واحداً في كل الاتجاهات من أي نقطة ، وبالتالي فالشكل غير صحيح هذا بالإضافة إلى أن تزايد المسافات بين خطوط العرض تجاه الأطراف أدى إلى أن تكون المساحات غير صحيحة .

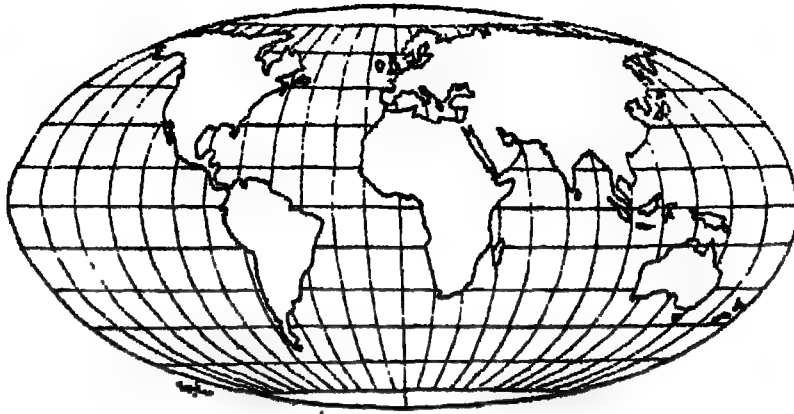
الاستخدامات : استخدم هذا المسقط بكثرة لتمثيل نصفي الكرة الأرضية في الأطالس . على الرغم من أنه لا يتمتع بميزة خاصة .

مسقط مولفيدي :

ابتكر هذا المسقط « كارل مولفيدي » K.B. Mollweide . ولذلك فقد سُمي باسمه . ويحقق هذا المسقط شرط المساحات المتساوية . ويمكن أن يمثل كل الكرة الأرضية (شكل ٦٩) . وتظهر خطوط العرض كخطوط مستقيمة . وخطوط الطول كخطوط بيضوية متماثلة الأطراف — فيما عدا خط الطول المركزي فهو خط مستقيم .

خصائص المسقط : (١) خطوط العرض مستقيمة وموازية لخط الإستواء .

(٢) المسافات بين خطوط العرض ليست متساوية ، فهذه المسافات تتناقص كلما بعدنا عن خط الإستواء شمالاً أو جنوباً .



(شكل ٦٩) مسقط مولفيدي

(٣) خطوط الطول عبارة عن خطوط بيضوية منمائلة الأطراف - فيما عدا خط الطول المركزي وخطي طول 90° شرقاً وغرباً التي تؤلف في مجموعها دائرة كاملة . وبالتالي فالمساحة المحصورة بين 90° شرقاً و 90° غرباً تمثل نصف الكرة الأرضية .

(٤) يحقق مسقط مولفيدي شرط المساحات الصحيحة .

(٥) لا ينطبق المقياس على كل الخريطة ، لأن كل خط عرض له مقياسه الخاص به . كذلك نجد أن المقياس على طول خط الإستواء ليس صحيحاً .

(٦) يتزايد المقياس على طول خطوط الطول كلما بعدنا عن خط الطول الأوسط .

(٧) هذا المسقط لا يحقق شرط الشكل الصحيح . فتشويه الشكل في النطاق الإستوائي وفي الأقاليم القطبية . هو العيب الرئيسي في هذا المسقط .

استخدامات المسقط : لما كان مسقط مولفيدي يحقق شرط المساحات

المتساوية ، فهو يستخدم أساساً في خرائط التوزيعات المختلفة . فهذا المسقط يمكن ان يمثل العالم كله بصورة أحسن نوعاً مما في مسقط سانسون – فلامستيد ، وهذه ميزة حقيقية في خريطة العالم . ويتمثل الإستخدام الرئيسي لمسقط مولفيدي في التوزيعات الجغرافية المرتبطة بالمساحة ، مثل توزيع كثافة السكان ، أو إمتداد الغابات أو المراعي وغيرها من المظاهر المساحية .

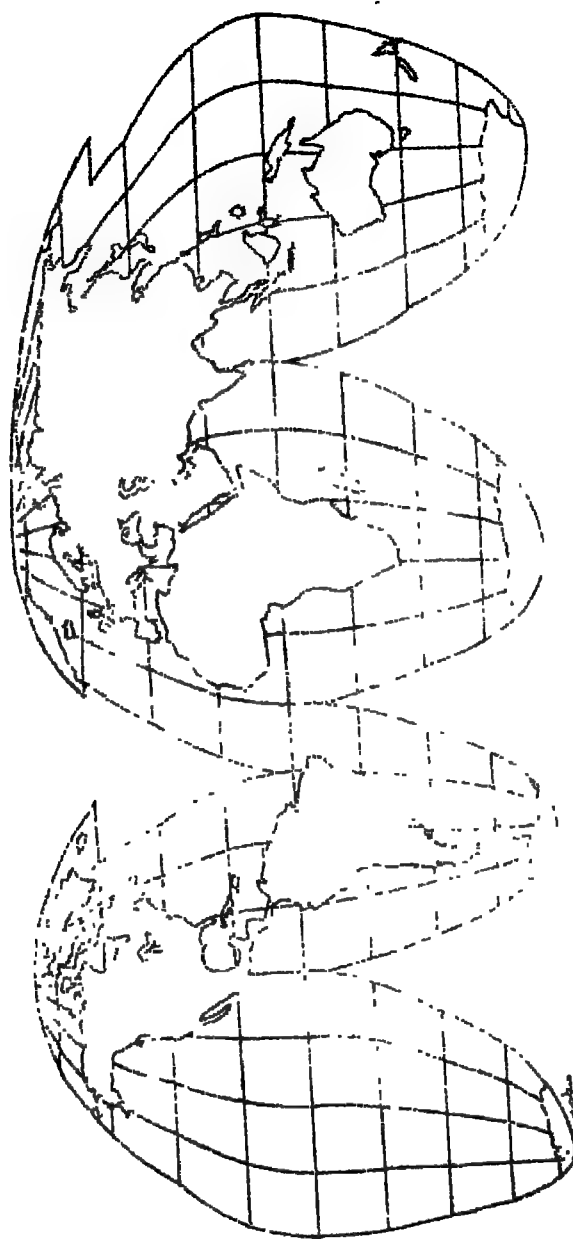
مسقط « جود » المقتضب :

طور هذا المسقط الأستاذ « بول جود » J. Paul Goode ، وقدمه في مقالة بمجلة رابطة الجغرافيين الأمريكيين (العدد ١٥) سنة ١٩٢٥ . وقد جعل جود مسقطه يتضمن الأجزاء المحصورة بين خطي عرض ٤٠° شمالاً وجنوباً في المسقط المنحني Sinusoidal (مسقط سانسون – فلامستيد) ثم أكمل العروض العليا في مسقطه من مسقط مولفيدي (الذي يعرف أيضاً بمسقط المساحات المتساوية Homolographic . ومن هنا سمي جود مسقطه بإسم : Homolosine Projection ، كإختصار لإسمي المسقطين اللذين اعتمد عليهما في رسم مسقطه (شكل ٧٠) .

وقد اقتطع جود بعض المساحات المائية غير الضرورية من مسقطه ، وذلك بصلح من شأن الأشكال المشوهة . وقد حقق جود هذا الهدف بأن إختار مسقطه خطوط طول مركزية صحيحة المقياس ، تمر وسط القارات (وهي خطوط طول ١٠٠° غرباً في أمريكا الشمالية ، ٨٠° شرقاً في أوراسيا ، ٥٥° غرباً في أمريكا الجنوبية ، ٢٠° شرقاً في إفريقيا ، ثم ١٤٠° شرقاً في استراليا) .

خصائص المسقط : (١) يحقق مسقط جود شرط المساحات المتساوية .

(٢) ويمثل المسقط كل مساحة اليابس على سطح الأرض .



تسكن في كل من القطب الشمالي والجنوبي من المناطق الدخلى ومسقط مولفيلدي .

- (٣) تظهر خطوط العرض كخطوط مستقيمة موازية لخط الإستواء
- (٤) تظهر عليه شبكة خطوط العرض والطول مقطعة (مقتضبة) في المحيطات وذلك يُعطي كل قارة في مكانها ميزة وجودها في وسط المسقط : ومن ثم تظهر القارات بشكل أحسن .

الاستخدامات :

هذا المسقط مفيد تماماً حينما نرغب في عقد مقارنات تختص بالمساحات المتساوية في خريطة العالم ككل ، دون تضحية بالشكل . وقد شاع استخدام مسقط جود بشكل عظيم في خرائط التوزيعات الاقتصادية . والعيب الرئيسي في هذا المسقط هو تقطع الإطار الخارجي لخريطة العالم المرسومة عليه .

مراجع الفصل الثامن

- Goode's World Atlas (1960), 11th ed., Rand McNally : — ١
Chicago.
- Kellaway, G.P. (1949), Map Projections, Methuen : London. — ٢
- Raisz, E. (1948), General Cartography, New York, Ch. 6. — ٣
- Robinson, A.H. (1960), Elements of Cartography, New York, — ٤
Chs. 4, 5, 6.
- Singh, R. and Kanaujia, L.R. (1963), Map-Work and Practical — ٥
Geography, Allahabad, Ch. 3.
- Steers, J.A. (1957), An Introduction to the Study of Map — ٦
Projections, Univ. London Press : London.

